

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

HUGO MENNA GONÇALVES

***Postponement* de forma como Fator Crítico no Desenvolvimento de um Produto
Customizável**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de
Mestre em Engenharia de Produção na área de concentração de Engenharia de Produto e
Processo.

Orientador: Osmar Possamai

Florianópolis

2009

FOLHA DE ROSTO

HUGO MENNA GONÇALVES

**POSTPONEMENT DE FORMA COMO FATOR CRÍTICO NO
DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO CUSTOMIZÁVEL**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 30 de abril de 2009.

Prof. Antônio Sérgio Coelho, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. André Ogliari, Dr.
UFSC

Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr.
UFSC

Prof. Juarez Bortolanza, Dr.
UNIOESTE

Prof. Marcelo Gitirana Gomes Ferreira, Dr.
UFSC

A Deus, à minha família e ao Brasil.

AGRADECIMENTOS

Ao longo deste trabalho, várias pessoas colaboraram de maneira direta ou indiretamente:

A minha mãe, Catherine Vogt, e ao meu irmão, Fabrício Menna Gonçalves, que, desde o início do trabalho me incentivaram para que conseguisse concluí-lo. Agradeço a confiança, o apoio, e principalmente o amor que recebo de vocês.

A minha namorada, Grazielle Dal-Bó, pela paciência e carinho ao longo da elaboração deste trabalho.

Ao Professor Orientador, Osmar Possamai, pelas sugestões e comentários, fundamentais para a evolução deste trabalho.

À Universidade Federal de Santa Catarina pela disponibilização de sua estrutura física, administrativa e humana.

Aos Professores da banca, pelas contribuições para a melhoria do trabalho.

A Deus, pela saúde, vontade e força necessárias para a conclusão deste trabalho.

Agradeço!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	11
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Apresentação do Problema de Pesquisa	15
1.2 Objetivos do Trabalho	16
1.3 Justificativa e Relevância do Tema	17
1.4 Escopo do Trabalho.....	17
1.5 Metodologia Utilizada.....	18
1.6 Estrutura do Trabalho	18
CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 Conceitos de Customização em Massa	20
2.1.1 O Valor Gerado pela Customização do Produto ao Cliente	22
2.2 Conceito e Perspectiva Histórica do <i>Postponement</i>	23
2.2.1 Tipos de <i>Postponement</i>	27
2.2.2 Facilitadores para aplicação do <i>Postponement</i>	33
2.2.3 Custos inerentes à aplicação do <i>Postponement</i>	36
2.3 Arquitetura do Produto	39
2.3.1 Arquitetura Integral e Modular	39
2.3.2 Famílias de Produtos a partir de Plataformas	42
2.4 O Processo de Desenvolvimento do Produto	44
2.4.1 Metodologias de Desenvolvimento de Produto	45
2.4.1.1 Projeto informacional	48
2.4.1.2 Projeto conceitual	52
2.5 Considerações.....	53
CAPÍTULO 3 - FERRAMENTAL.....	55
3.1 Ferramentas do Projeto Informacional	55
3.1.1 Determinação do Grau de Importância dos Requisitos de Projeto	55
3.2 Ferramentas do Projeto Conceitual	57
3.2.1 Método FAST	57

3.2.2	Matriz Indicadora de Módulos - MIM	60
3.2.3	Matriz da Modularidade.....	63
3.2.4	<i>Attribute-module Matrix</i>	64
3.2.5	Indicadores PTT e ATM	70
3.2.5.1	PTT - Participação no tempo total.....	71
3.2.5.2	ATM - Aderência ao tempo médio.....	71
3.2.5.3	Tabulação dos resultados do PTT e do ATM.....	72
3.2.6	Modelo da Análise de Perfil	72
3.3	Considerações.....	75
CAPÍTULO 4 - modelo proposto		77
4.1	Apresentação Geral do Modelo	77
4.2	Descrição das Etapas do Modelo.....	79
4.2.1	Etapa 1 – Determinação do Grau de Importância dos Requisitos de Projeto	79
4.2.2	Etapa 2 - Definição do Relacionamento das Características do Produto com os Requisitos de projeto	80
4.2.3	Etapa 3 - Definição das Funções do Produto	82
4.2.4	Etapa 4 - Definição dos Módulos do Produto.....	84
4.2.5	Etapa 5 – Definição do Relacionamento dos Módulos com os Requisitos	86
4.2.6	Etapa 6 – Identificação e Compartilhamento dos Módulos	88
4.2.7	Etapa 7 – Mensuração do Nível de Variedade na Arquitetura do Produto	90
4.2.8	Etapa 8 – Avaliação da Agilidade na Montagem Final do Produto.....	92
4.2.9	Etapa 9 – Verificação do Alinhamento do Produto com o <i>Postponement</i> de Forma	93
4.3	Considerações sobre o Modelo.....	95
CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO		96
5.1	Apresentação da Empresa.....	96
5.2	Descrição da Aplicação do Modelo.....	97
5.2.1	Etapa 1 - Determinação do Grau de Importância dos Requisitos de Projeto.....	97
5.2.2	Etapa 2 - Definição do Relacionamento das Características do Produto com os Requisitos do Projeto.....	98
5.2.3	Etapa 3 - Definição das Funções do Produto	100
5.2.4	Etapa 4 - Definição dos Módulos do Produto.....	101
5.2.5	Etapa 5 - Definição do Relacionamento dos Módulos com os Requisitos	103
5.2.6	Etapa 6 - Identificação e Compartilhamento dos Módulos.....	104
5.2.7	Etapa 7 - Mensuração do Nível de Variedade na Arquitetura do Produto.....	107

5.2.8	Etapa 8 - Avaliação da Agilidade na Montagem Final do Produto	108
5.2.9	Etapa 9 - Verificação do Alinhamento do Produto com o <i>Postponement</i> de Forma109	
5.3	Avaliação Global da Aplicabilidade do Modelo Proposto	111
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO.....		113
6.1	Conclusões.....	113
6.2	Sugestões para Trabalhos Futuros	115
REFERÊNCIAS		116

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Tipos de Postponement x Estratégias de Customização	26
Figura 2.2 – Matriz postponement e especulação.....	29
Figura 2.3 - Tipos de postponement	31
Figura 2.4 - Denominações de <i>postponement</i> , indicando o ponto onde o pedido do cliente é recebido	32
Figura 2.5 - Enfoque na arquitetura do produto x tipo de <i>Postponement</i>	33
Figura 2.6 - Variáveis que facilitam e demandam a aplicação do postponement	34
Figura 2.7 - Características operacionais x postponement de forma.....	35
Figura 2.8 - Tipo de postponement e o impacto nos custos.	37
Figura 2.9 – Custos do postponement x custos da especulação	38
Figura 2.10 - Pontos positivos e negativos da arquitetura modular e integral.....	41
Figura 2.11 - Modularização x Variedade.	43
Figura 2.12 – Diagrama insumo-resultado	45
Figura 2.13 - Modelo unificado PDP.....	46
Figura 2.14 - Principais resultados das fases do modelo unificado do PDP.	47
Figura 2.15 - Diagrama de Kano de satisfação dos clientes.....	49
Figura 2.16 - Relacionamento entre características, requisitos e módulos do produto.	51
Figura 2.17 - Tipos de características do produto.	51
Figura 2.18 - Tipos de característica, requisitos e módulos.	51
Figura 3.1 - Pontuação no Diagrama de Mudge.....	56
Figura 3.2 - Modelo do diagrama de Mudge.....	56
Figura 3.3 - Princípio Básico do Diagrama FAST	58
Figura 3.4 - Estrutura Original Diagrama FAST	59
Figura 3.5 - Diretrizes de modularização	61
Figura 3.6 - Matriz Indicadora de Módulos - MIM.....	62
Figura 3.7 - Matriz da modularidade.	63
Figura 3.8 - Processo de influência da variedade na arquitetura do produto.....	65
Figura 3.9 - Tabela de Classificação do IV	68
Figura 3.10 - AMM (<i>Attribute-Module Matrix</i>).	69
Figura 3.11 - Tabulação dos resultados de PTT e ATM.	72
Figura 3.12 - Modelo da Análise de Perfil	74

Figura 4.1 – Fluxograma de encadeamento das etapas do Modelo Proposto.....	78
Figura 4.2 - Exemplo de aplicação prática do diagrama de Mudge.	80
Figura 4.3 – Exemplo de aplicação prática da matriz de correlação entre os requisitos e características.....	81
Figura 4.4 - Exemplo de aplicação prática do diagrama FAST.....	83
Figura 4.5 - Exemplo de aplicação prática da matriz MIM.....	85
Figura 4.6 - Exemplo de aplicação prática da matriz de correlação entre os requisitos e módulos conceituais.	87
Figura 4.7 – Exemplo prático do cálculo do número de variantes de um produto.....	89
Figura 4.8 - Exemplo de aplicação prática da matriz da modularidade.	89
Figura 4.9 - Exemplo de aplicação prática da AMM para uma lâmpada convencional.....	91
Figura 4.10 – Exemplo de aplicação prática dos indicadores PTT e ATM.....	92
Figura 4.11 - Exemplo de aplicação prática da Análise de Perfil.....	94
Figura 5.1 - Aparelho Telefônico A	96
Figura 5.2 - Requisitos do projeto e características que o cliente deseja customizar do produto A.	97
Figura 5.3 - Diagrama de Mudge dos Requisitos de Projeto.....	98
Figura 5.4 - Matriz de relacionamento dos requisitos de projeto com as características do produto A.....	99
Figura 5.5 - Diagrama FAST do aparelho telefônico convencional A.....	100
Figura 5.6 - Matriz MIM do produto A.	101
Figura 5.7 – Módulos x funções do aparelho telefônico A.	102
Figura 5.8 - Matriz de relacionamento dos módulos com o s requisitos de projeto do produto A.	103
Figura 5.9 - Definição número de variações de especificação dos módulos e cálculo do número total de varinates do produto A.	105
Figura 5.10 - Matriz da modularidade do aparelho telefônico A.	106
Figura 5.11 - Matriz ATM aplicada no produto A.	107
Figura 5.12 - Indicadores PTT e ATM do aparelho telefônico A.	108
Figura 5.13 - Análise de perfil do produto A na empresa.	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Artigos publicados sobre customização em massa.....	21
--	----

LISTA DE SIGLAS

SSC's - Sistemas, Subsistemas e Componentes

BOM - Bill of Materials (Lista de Materiais)

PDP - Processo de Desenvolvimento de Produto

FAST - Function Analysis System Technique

MIM - Matriz Indicadora de Módulos (Module Indication Matrix)

AMM - Attribute-Module Matrix

MM - Matriz da Modularidade

IV - Índice de Variedade

PTT - Participação no Tempo Total

ATM - Aderência ao Tempo Médio

MTM - Methods-Time Measurement

TAV - Taxa de Agregação de Valor

QFD - Quality Function Deployment

SE - Sinal Elétrico

LT - Linha de Telecomunicação

PCI - Placa de Circuito Impresso

RESUMO

GONÇALVES, Hugo Menna. *Postponement de forma como fator crítico no desenvolvimento de um produto customizável*. 2009. 113f.. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

Devido à lenta substituição de mercados com demandas grandes e homogêneas, por menores e mais heterogêneos mercados, com demandas fragmentadas e de natureza imprevisível, as empresas cada vez mais têm se preocupado em adaptar seus processos e produtos da melhor maneira possível para atender as necessidades destes consumidores. O trabalho tem como objetivo adaptar os atuais modelos de desenvolvimento de produtos de maneira a incluir o *postponement* de forma como fator crítico no processo de projeto. O trabalho inicia com definição das características do produto que o cliente deseja customizar e também dos requisitos de projeto, determinando o grau de importância desses requisitos. Com essa determinação, faz-se a definição do relacionamento entre os requisitos de projeto com as características do produto que o cliente deseja escolher para se descobrir quais são os requisitos diferenciados do projeto. Com estas informações, parte-se para a definição das funções do produto e, posteriormente, dos módulos. Do relacionamento desses módulos com os requisitos diferenciados anteriormente definidos, tem-se a definição dos módulos diferenciados dos produtos, que podem ter sua montagem final postergada. Posteriormente a essa definição, faz-se uma análise do nível de variedade na arquitetura do produto, da velocidade de montagem dos módulos diferenciados e do alinhamento deste produto, de sua cadeia de produção e das características do seu mercado com o *postponement* de forma, permitindo avaliar se este produto poderá ter sua montagem final postergada e configurada de acordo com a demanda dos clientes. O modelo foi aplicado em uma empresa do ramo eletro-eletrônico, com considerável aceitação pelos colaboradores envolvidos, traduzindo conceitos abstratos em características físicas e mensuráveis dos produtos. Nos resultados obtidos, notou-se que o trabalho agregou ao produto em desenvolvimento os aspectos necessários para que este pudesse ter sua montagem final postergada.

Palavras-chave: Desenvolvimento de Produtos, *Postponement*, Customização em Massa.

ABSTRACT

Due to the slow replacement of markets, with large and homogeneous demands to smaller and heterogeneously markets, with fragmented and unpredictable demands, companies have been increasingly concerned to adapt their processes and products in the best possible way to meet consumer needs. The work is focus to adapt existing models of product development so as to include the postponement as a critical factor in the project. This work begins defining the characteristics of the product that client want to customize and also the requirements of the project, determining the degree of importance of these requirements. With this determination, make the definition of the relationship between the requirements of project and the characteristics of the product that customers want to choose to find out what are the differentiated requirements of the product. With this information, begins the definition of the functions of the product and subsequently, definition of the modules. Of relationship of these modules with differentiated requirements defined previously, occurs the definition of differentiated modules of product, which may have their final assembly postponed. Subsequently, an analysis of the level of variety in the architecture of the product, the assembly time of differentiated modules and the alignment of this product, his supply chain and characteristics of his market with the shape postponement, enabling to assess if this product may have his final assembly postponed and configured according to customer demand. The model was applied in a company of the electronic industry, with considerable acceptance by the employees involved, translating abstract concepts into physical and measurable characteristics of products. In the results, it was noted that the work added to the product developed, the aspects that enable postpone his final assembly.

Key Words: Product Development, Postponement, Mass Customization.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do Problema de Pesquisa

Atualmente, o grande desafio das empresas é fazer com que seus produtos atendam as necessidades dos clientes da melhor maneira possível, com a qualidade adequada e baixo custo.

Porém, sabe-se que produzir produtos sob encomenda em lotes pequenos, que atendam adequadamente às necessidades dos clientes, torna-se caro para a empresa e para o cliente.

Dessa maneira, se observa um grande movimento das organizações no intuito de buscar capacidade para atender e suportar as variações de demanda por parte do mercado.

As demandas variadas e de natureza imprevisível dos clientes sempre forçam as empresas a investir fortemente em mudanças projeto. Pequenos e heterogêneos mercados com demandas fragmentadas vêm lentamente substituindo grandes e homogêneos mercados. (KRISHNAPILLAI e ZEID, 2006)

Nesse contexto, surgiu o conceito da customização em massa, que busca produzir produtos que atendam as demandas de cada grupo de clientes, porém com a eficiência e o menor custo, característicos da produção em massa.

Enquadrando os atuais modelos de desenvolvimento de produtos nesse contexto, percebe-se uma carência no que se refere ao projeto de produtos que possam ser adaptados mais facilmente a essas variações na demanda dos clientes. Os atuais modelos ainda buscam descobrir previamente as necessidades dos clientes, tentando antecipar todos os seus desejos sobre o novo produto para então iniciar o desenvolvimento deste. Isto faz com que, na maioria das vezes, os produtos gerados por esses modelos de desenvolvimento sejam rígidos no que se refere à capacidade de atender a heterogeneidade das necessidades dos diversos grupos de clientes potenciais.

Uma oportunidade de melhoria que existe nesses modelos reside no fato de que algumas necessidades de um grupo de clientes podem ser generalizadas para outros grupos, de forma que o fator escala poderia ser empregado para reduzir o custo final do produto. Assim, a customização em massa surgiu como uma solução para enfrentar as novas realidades do mercado, possibilitando que as empresas ainda obtenham os benefícios da eficiência da produção em massa. (PINE, 1993; TSENG e JIAO, 2001; PILLER, 2003)

Para lidar com o problema da imprevisibilidade e variabilidade na natureza das demandas dos clientes, Zeid e Krishnapillai (2006) argumentam que a solução inicial utilizada pelas empresas foi prover a maior variedade de produtos possível, o que trouxe como consequências indesejáveis despesas com estoques, inventários e excesso de informações de projeto.

Em contraponto à solução citada anteriormente, a customização dos produtos se destaca como uma estratégia fundamental para as empresas de manufatura, visto que produtos customizados tendem a apresentar melhor potencial de aceitação pelo mercado consumidor. (DA SILVEIRA, BORESTEIN, e FOGLIATTO, 2001)

Desta forma, existe a necessidade de se projetar os produtos de modo a torná-los mais adaptáveis às necessidades dos clientes, fazendo com que o próprio cliente possa decidir como configurar certas características, de maneira a satisfazer suas demandas da melhor maneira possível. Dessa necessidade, surge a questão de onde posicionar esse ponto de diferenciação do produto, tanto na estrutura dos sistemas, subsistemas e módulos do produto quanto na cadeia dos processos produtivos.

A customização dos produtos exige a reorganização das atividades produtivas, a fim de aumentar a flexibilidade. Os principais requisitos para que essa transformação seja possível são o projeto modular dos produtos e a postergação do ponto de diferenciação do produto, ou *postponement*. (FEITZINGER e LEE, 1997; VAN HOEK, VOS e COMMANDEUR, 1999)

Para Csisllag e Sampaio (2002), uma boa estratégia de *postponement* pode garantir que o ciclo de entrega de produtos customizados não se torne significativamente mais longo do que o de itens produzidos em massa.

Levando-se em conta o exposto anteriormente, pode-se formular a seguinte pergunta de pesquisa: Como desenvolver um produto de maneira que se possa postergar sua configuração final e garantir resultados aceitáveis?

Através desta pergunta de pesquisa, pode-se estabelecer os objetivos que nortearão o trabalho.

1.2 Objetivos do Trabalho

O objetivo geral do trabalho está em complementar os modelos de desenvolvimento de produtos atuais de maneira a incluir o *postponement* como fator crítico do processo de projeto.

Para que se alcance o objetivo geral do trabalho, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- definir sistemática para identificar os requisitos e especificações do produto que podem ser generalizados e aqueles que devem ser individualizados dentro de uma variante do produto, de acordo com as características do produto que o consumidor deseja escolher;
- definir sistemática para determinar o número de variantes de um produto, dentro de uma família de produtos;
- identificar quais módulos influenciam mais fortemente na flexibilidade da arquitetura do produto para atender as variações na demanda dos consumidores;
- definir critérios para avaliar se os módulos que serão escolhidos pelos clientes, não dificultarão a etapa final de montagem do produto.

1.3 Justificativa e Relevância do Tema

A importância de se resolver o problema de pesquisa citado anteriormente reside no fato que os produtos projetados poderão ser mais facilmente adaptados e configurados de acordo com as necessidades dos consumidores, facilitando a implementação do *postponement*, que ao retardar o ponto de diferenciação do produto, faz com que esse possa ser montado de acordo com as necessidades de um cliente específico, o que é indispensável na operacionalização da estratégia de customização em massa.

Estudando-se os modelos de desenvolvimento de produtos atuais, como o de Rozenfeld *et al* (2006), se observa que existe uma carência no que se refere a diretrizes e sistêmicas que orientem as organizações na identificação dos aspectos que um produto deve contemplar para estar adequado à prática do *postponement*.

Dessa maneira, se justifica o desenvolvimento de um modelo que possa complementar os atuais modelos de desenvolvimento de produto no sentido de fazer com que um produto desenvolvido contemple os aspectos necessários para ser produzido dentro de uma prática de *postponement*, postergando sua configuração final de acordo com as características do produto que o consumidor deseja customizar.

1.4 Escopo do Trabalho

Este estudo foca o desenvolvimento de produtos que viabilizem e facilitem a postergação da configuração final do produto.

Portanto, a pesquisa não abrangerá os processos de manufatura e da cadeia de produção, bem como as mudanças necessárias nesses processos para se realizar esta postergação e também os aspectos relativos a previsões de demanda.

Não será abordada neste trabalho a questão dos softwares e da tecnologia de informação, necessários para integrar a empresa ao cliente, possibilitando a customização do produto pelo consumidor.

Não se trabalhará a questão de como segmentar e micro-segmentar um mercado, partindo-se do pressuposto que para se iniciar o desenvolvimento de um produto, os requisitos do projeto e as características do produto que o consumidor deseja customizar já devem ter sido identificados e validados.

Assim, o foco do trabalho será complementar aos atuais modelos de desenvolvimento de produtos, cobrindo desde a parte da identificação dos requisitos e especificações do produto que estão relacionados com as características do produto que o cliente deseja escolher, definindo o número de versões dentro de uma família de produtos, definindo quais módulos influenciam mais fortemente na flexibilidade da arquitetura do produto e avaliando se esses módulos que pertencem às variantes específicas do produto não dificultarão a etapa de montagem final do produto, de maneira a facilitar a postergação da sua montagem final, num cenário de aplicação do *postponement* de Forma.

1.5 Metodologia Utilizada

Com relação ao seu objetivo, este trabalho se caracteriza como uma pesquisa descritiva, pois observará a aplicação do modelo a ser proposto num caso real, fazendo os registros dos resultados e analisando-os.

Já, no que se refere aos procedimentos técnicos, serão utilizados dois neste trabalho. No referencial teórico, será utilizado o estudo exploratório baseado em pesquisa bibliográfica que é aquela que utiliza material escrito ou gravado, mecanicamente ou eletronicamente, tais como livros, publicações periódicas e anais de congressos. No caso da aplicação prática, será utilizado o estudo de caso, que é o procedimento indicado para quando se deseja estudar com profundidade os diversos aspectos de um determinado objeto de pesquisa.

1.6 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em seis capítulos.

O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico que serve de base para sustentar o modelo que será proposto neste trabalho. Os principais assuntos abordados serão a customização em massa, *postponement*, arquitetura do produto e desenvolvimento de produtos.

O Capítulo 3 apresenta o ferramental disponível na literatura que servirá de base para o desenvolvimento do modelo a ser proposto no Capítulo 4 e complementando a teoria apresentada no Capítulo 2.

No Capítulo 4 está contida uma descrição detalhada do modelo proposto visando adaptar as metodologias de projeto à postergação das atividades de montagem do produto.

O Capítulo 5 descreve a aplicação prática do modelo proposto e análise dos resultados obtidos.

Por fim, no Capítulo 6, apresentam-se as conclusões do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, discutem-se os conceitos e técnicas para customização em massa, *postponement*, arquitetura do produto e desenvolvimento de produto, buscando contextualizar o assunto deste trabalho e embasar teoricamente o modelo a ser proposto para o desenvolvimento de produtos alinhados com o conceito de *postponement*.

2.1 Conceitos de Customização em Massa

O termo “customização em massa” foi cunhado por Stan Davis em seu livro “*Future Perfect*”, em 1987. Davis (1987) se referia à customização em massa como sendo um cenário onde um mesmo grande número de clientes fosse alcançado como nos mercados de massa da economia industrial, e simultaneamente, tratados individualmente como nos mercados customizados das economias pré-industriais.

Alguns anos depois, Pine (1993) tornou o conceito mais popular definindo customização em massa como prover uma grande variedade de produtos, ao mesmo tempo, customizando-os individualmente, a preços comparáveis aos de produtos e serviços convencionais.

Com a evolução da pesquisa no assunto, Tseng e Jiao (1996) definiram customização em massa de uma maneira mais precisa, como sendo as tecnologias e sistemas necessários para a entrega de bens e serviços que satisfaçam individualmente as necessidades dos clientes com uma eficiência similar à da produção em massa. Esta definição aborda a customização em massa de um ponto de vista estratégico, revelando o amadurecimento do conceito.

Vale ressaltar que estratégia, segundo Porter (1996), é a criação de uma posição única e valiosa que engloba um conjunto de diferentes atividades. Dessa maneira, este conjunto de tecnologias e sistemas, englobados pela definição de Tseng e Jiao anteriormente citada, reforça o aspecto estratégico do conceito, baseando-se na idéia de um conjunto de diferentes atividades.

Portanto, neste trabalho a customização em massa será definida como a estratégia de ofertar de produtos configuráveis que atendam, individualmente, as demandas de cada cliente, porém podendo ser produzidos com a eficiência da produção em massa. (PILLER, 2006; PINE, 2007)

O conceito de customização em massa, apesar de ter sido criado há algum tempo, só atualmente tem ganhado mais notoriedade no mundo empresarial e acadêmico, como mostra o estudo baseado em bancos de dados como *PROQuest*, *EBSCOHost*, *Ingenta*, *Emerald*, *Science Direct* e *IEEE*; que pesquisou o número de artigos publicados por ano, relativos a customização em massa até o mês de agosto do ano de 2007. (KUMAR, GATTOUFI e REISMAN, 2008) Segue Tabela 2.1 com resultados.

Tabela 2.1 - Artigos publicados sobre customização em massa.

Ano	Nº de artigos	% do total de artigos	Nº acumulativo de artigos	% acumulativo de artigos
<1988	11	0,98	11	0,98
1989	4	0,36	15	1,33
1990	8	0,71	23	2,05
1991	7	0,62	30	2,67
1992	9	0,80	39	3,47
1993	27	2,4	66	5,87
1994	22	1,96	88	7,83
1995	27	2,4	115	10,23
1996	39	3,47	154	13,70
1997	73	6,49	227	20,20
1998	64	5,69	291	25,89
1999	71	6,32	362	32,21
2000	73	6,49	435	38,70
2001	72	6,41	507	45,11
2002	71	6,32	578	51,42
2003	119	10,59	697	62,01
2004	127	11,30	824	73,31
2005	134	11,92	958	85,23
2006	91	8,10	1049	93,33
2007	75	6,67	1124	100,00
Total	1124			

Fonte: KUMAR, GATTOUFI e REISMAN, 2008.

Essa notoriedade que o conceito de customização em massa vem ganhando leva à observação do porque uma empresa deveria seguir ou adotar uma estratégia de customização em massa. Entendendo-se que a satisfação das necessidades do consumidor é sempre o objetivo de toda a empresa. (PORTER, 1996)

2.1.1 O Valor Gerado pela Customização do Produto ao Cliente

Entendendo-se que o cliente fica satisfeito quando adquire um produto que supre suas necessidades, que possui valor de utilidade para este consumidor, é necessário apresentar como a customização gera valor para o cliente.

Portanto cabe definir o que é valor que conforme Csillag (1995) é expresso em relação a algo, por meio de comparação. Neste trabalho, entende-se valor como o grau de interesse econômico que uma sociedade ou um grupo atribui a algo.

Dessa maneira, a customização em massa será atrativa num cenário onde as necessidades dos clientes sejam heterogêneas, partindo-se da idéia que um produto customizado pelo próprio cliente atenderá melhor às suas necessidades, aumentando o valor de utilidade percebido.

Dentro desse contexto, é senso comum que as necessidades dos clientes são heterogêneas e mudam rapidamente em muitos mercados. (BLAHO; ETTENBERG; HEIL, PARKER e STEPHENS; PILLER; ZUBOFF e MAXMIN) *apud* (PILLER, 2004). No entanto, a necessidade de obter economias de escala forçou os fabricantes a atender as necessidades e preferências gerais de um determinado segmento de clientes com um produto padrão.(FRANKE e PILLER 2004)

Portanto, é de se esperar que os usuários desses produtos padronizados não fiquem completamente satisfeitos. Franke e Reisinger (2003) acharam evidências que essa insatisfação realmente ocorre, pois as atuais práticas de segmentação de mercado geralmente levam a níveis de variação da satisfação de 50% em média. Isto significa que um grande número de clientes permanece de, alguma maneira, insatisfeitos com os produtos padronizados oferecidos, mesmo em mercados maduros. (FRANKE e PILLER 2004)

Um fato interessante que reforça a heterogeneidade das necessidades dos clientes é que muitos usuários acabam alterando ou modificando produtos para usá-los em seus próprios lares. Franke e Von Hippel (2003) apresentam uma visão geral de vários estudos e mostram que de 10 a 40% dos usuários relatam ter modificado um produto para uso em casa (no caso dos produtos industriais) ou para uso pessoal (no caso de produtos de consumo).

Isto mostra que em determinados mercados, os consumidores valorizam a idéia de poder configurar um produto de acordo com suas necessidades, reforçando a idéia de que este fato aumenta o valor de utilidade dos produtos percebido por estes clientes. É necessário, também, saber quais são as características do produto que o cliente deseja customizar, para que se ofereçam as opções de escolha ao consumidor que estejam alinhadas com essas características do produto.

Outro ponto a ser observado é como os consumidores percebem a singularidade de seu produto, ou seja, como o produto adquirido se distingue dos demais da mesma categoria. (TIAN, BEARDEN e HUNTER, 2001)

A Teoria da Mercadoria ajuda a embasar como os consumidores percebem a singularidade de um produto (BROCK, 1968; LYNN, 1991). Num breve resumo, esta teoria afirma que quanto mais escasso é um produto, mais aumenta o desejo sobre este (LYNN; JUNG e KELLARIS) *apud* (FRANKE e SCHREIER, 2007).

Portanto, esta teoria reforça a idéia de que um produto único tem mais valor, sob a ótica do cliente que o adquire.

Mostrados os fatores da customização do produto que colaboram para a geração de valor para o cliente, fica a questão de como operacionalizar essa customização do produto pelo cliente, ou seja, organizar a configuração e a montagem final do produto de maneira a atender a demanda específica, de um cliente.

Para que seja possível atender a uma demanda específica e customizada de um cliente, parte da montagem do produto, ou até toda a produção, deverá aguardar até a confirmação e especificação do produto solicitado nesta demanda, dentro de um universo de especificações possíveis previamente definidas. Para entender melhor como isto funciona, será apresentado e conceituado o *postponement*.

2.2 Conceito e Perspectiva Histórica do *Postponement*

O conceito do *postponement* (do inglês, retardo) tem sido estudado na literatura há mais de 50 anos, mas apenas recentemente tem sido adotado mais fortemente pelas empresas.

Zinn e Bowersox (1988) definiram o conceito como o retardo do movimento ou da configuração final de um produto tipicamente produzido em massa até que os pedidos dos consumidores sejam feitos.

De acordo com Sampaio (2003), as primeiras experiências empresariais, utilizando o conceito do *postponement*, remontam à década de 1920. O primeiro caso foi publicado somente na década de 60 por Cox e Goldman (1956).

Na literatura, o conceito foi originalmente desenvolvido por Alderson (1950) que argumentava que se adiando a diferenciação do produto, aumentava-se a flexibilidade do sistema produtivo, pois não se perderia tempo e dinheiro montando produtos que não seriam vendidos.

Bucklin (1965) expandiu o conceito, interpretando o conceito de *postponement* como uma forma de compartilhar os riscos e benefícios entre todos os membros da cadeia de suprimento no atendimento das necessidades individuais dos consumidores. Este autor definiu também o conceito de Especulação, que consistia em configurar, montar e armazenar o produto o quanto antes dentro da cadeia de produção, escoando-os de acordo com a chegada dos pedidos dos clientes. Este conceito é exatamente o oposto do conceito de *postponement* proposto por Alderson (1950).

Estes dois autores argumentavam que os custos decorrentes de riscos e incertezas estão intrinsecamente relacionados à intensidade de diferenciação (forma, tempo e lugar) que ocorre durante os processos de manufatura e logística. Ou seja, quanto maior o grau de adiamento da configuração final dos produtos, menor será a possibilidade de perdas no negócio.

Apesar dos conceitos propostos por Alderson e Bucklin serem reveladores, não despertaram a merecida atenção empresarial na época, devido ao predomínio no mercado do conceito de produção em massa que incentivava a produção de produtos padronizados para mercados homogêneos. (SAMPAIO, 2003)

De acordo com Sampaio (2003), depois de 1965, poucos trabalhos trataram do assunto *postponement* em profundidade. No mundo empresarial, os sistemas de produção permaneceram especulativos por natureza. O deslocamento do produto no canal de marketing era, quase sempre, baseado em previsões de vendas. Os métodos de previsão de demanda melhoraram, mas ainda a custos elevados e não livres de problemas. O pressuposto fundamental continuava baseado na previsão, considerando que o futuro iria repetir o passado, mantendo as mesmas tendências e comportamentos.

Porém, ao final da década de 1980, Zinn e Bowersox (1988) retomaram o estudo sobre o tema, ampliando as alternativas de retardamento, propondo também o adiamento das atividades de manufatura num cenário de altos índices de erro na previsão da demanda. Segundo os autores, as dificuldades na previsão da demanda dos clientes surgem à medida

que aumentam as incertezas quanto às condições futuras do mercado e também conforme são ampliadas as linhas de produto das empresas.

Nesse contexto, Johnson e Anderson (2000) apontam que a mudança de mercados locais para mercados globalizados e a evolução da tecnologia, que possibilitou acesso à informação proveniente diretamente da demanda, fez com que empresas pensassem mais seriamente nos benefícios que o *postponement* poderia trazer.

Isso porque o *postponement*, de acordo com Cunha (2002), que se baseia no retardo de movimento ou formulação final de produtos até que entre informação da demanda na empresa, se adéqua bem a mercados de alta volatilidade e demandas incertas.

Assim, a estratégia de aguardar a demanda para configurar produtos de acordo com as preferências dos clientes tem se firmado como a nova fronteira estratégica para as empresas, alimentada por histórias de sucesso como Dell, Hewlett-Packard, Festo, Motorola, Hertz, Nike, Toyota, entre outras. (KUMAR, GATTOUFI e REISMAN, 2008; PILLER, 2008)

Esse retardo na formulação final dos produtos e na sua movimentação é o que serve de base para que estes possam ser configurados de acordo com a demanda do consumidor, tornando possível a estratégia de customização em massa.

Para Van Hoek, Peelen e Commandeur (1999), o *postponement* não somente reduz riscos de excesso ou falta de estoques, custos com inventário, custos com armazenagem e obsolescência de estoques, mas também é um forte componente para a estratégia de customização de produtos.

Portanto, o *postponement* se apresenta como um método operacional para se avançar dentro da estratégia de customização em massa. (PEELEN, COMMANDEUR e VAN HOEK, 1999) Ainda segundo Feitzinger e Lee (1997), o *postponement* pode ser visto como um dos vários métodos que ajudam a construir as capacidades estratégicas multidimensionais necessárias para a realização da estratégia de customização em massa.

Waller, Dabholkar e Gentry (2000) ressaltam que decisões referentes à customização em massa e à aplicação de *postponement* estão relacionadas, porém uma empresa pode oferecer produtos altamente customizados sem utilizar *postponement*. Segundo Cunha (2002), o exemplo citado são fornecedores de equipamentos de som para carros, pois há alta variedade de modelos e opções em estoque, antes da demanda. Os autores citam ainda a estratégia oposta, sem customização e com alto nível de *postponement*, como no caso de empresas que fornecem apenas um tipo de produto e só iniciam sua fabricação quando o pedido do cliente é confirmado.

Aqui se faz necessária a observação de que não basta apenas a empresa desejar implementar a estratégia de customização em massa ou o *postponement*, é necessário que se faça uma análise se o produto por ela produzido é adequado para ser introduzido neste cenário e, se não for, quais características deste produto devem ser modificadas para que se adéque e como um futuro produto deve ser desenvolvido para ser adequado.

Yang, Burns e Backhouse (2004) apresentam tipos de *postponement* ligados a diversos tipos da estratégia de customização em massa. Segundo os autores, o nível de *postponement* adotado pela empresa está diretamente relacionado com a estratégia de customização adotada. Segue Figura 2.1 que ilustra essa relação.

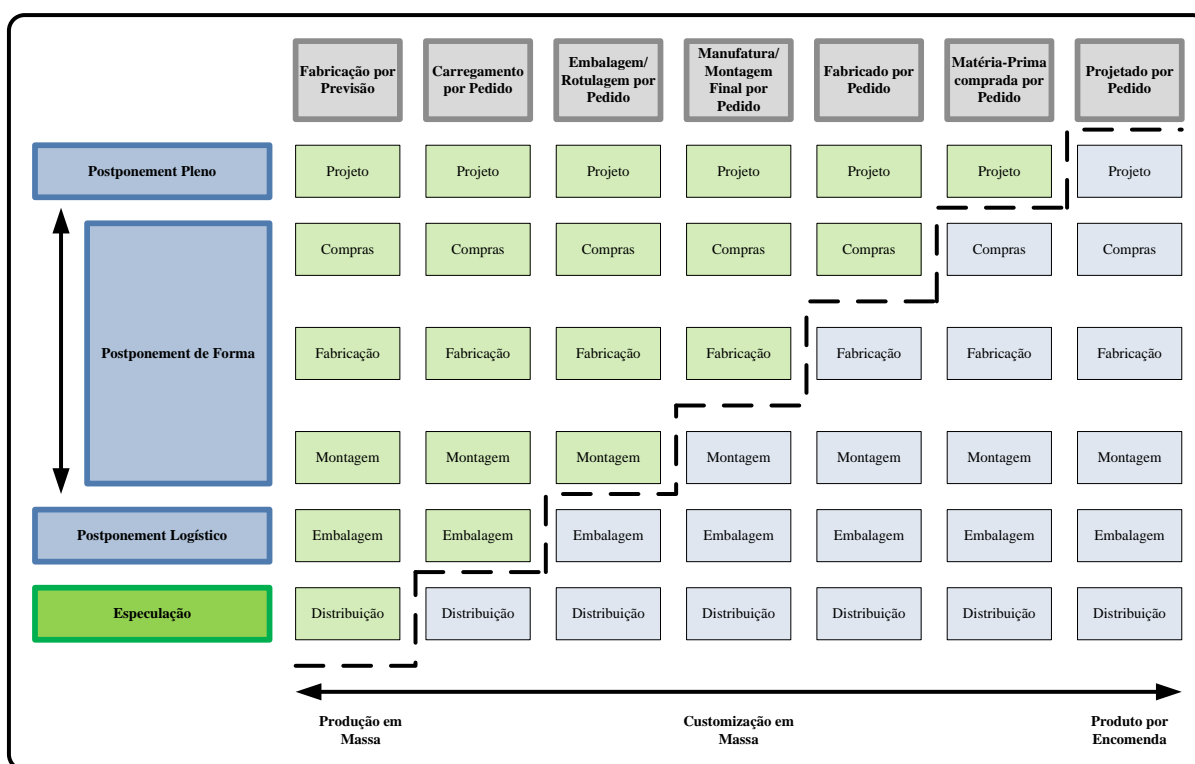


Figura 2.1 - Tipos de Postponement x Estratégias de Customização (adaptado de YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2004).

Os tipos de estratégia de customização em massa que mais se alinham com os objetivos deste trabalho são a Fabricação por Pedido e a Manufatura/Montagem Final por Pedido que, conforme a figura ilustra, estão relacionadas com uma prática de *postponement* de forma. Isto porque nestes dois tipos de estratégia, não só a cadeia de produção, mas, principalmente, o produto deve ser projetado de maneira a habilitar a postergação de sua montagem final e até de sua fabricação, pois é necessário saber quais especificações/módulos do produto que o cliente poderá alterar, dentro de um leque determinado de opções, no

momento da compra, alinhadas com as características do produto que o cliente deseja customizar. A definição desse leque de opções oferecidas ao consumidor é feita dentro do processo de desenvolvimento do produto.

Neste ponto, cabe a apresentação de estudos referentes à tipologia do *postponement* mostrando, em quais cenários, cada um é mais adequado.

2.2.1 Tipos de Postponement

Existem diversas morfologias de *postponement* na literatura, porém o objetivo deste tópico é sintetizar as principais, procurando retratar correntes de *postponement* que são encontradas nas empresas.

Além da definição do conceito já citada anteriormente, Zinn e Bowersox (1988) propuseram a divisão do *postponement* em cinco tipos diferentes. O primeiro tipo é o *postponement* de tempo, que consiste em retardar o movimento do produto o máximo possível dentro da cadeia de suprimentos. O *postponement* de forma, que consiste em retardar a diferenciação do produto, foi dividido em quatro tipos que seguem:

- *postponement* de etiquetagem: o armazenamento dos produtos é feito sem identificação de marca. Somente quando o pedido é confirmado é que se faz a fixação dos rótulos e etiquetas;
- *postponement* de embalagem: a embalagem dos produtos é feita de acordo com as especificações do cliente sendo que se adequa bem a produtos com embalagens de tamanhos diferentes;
- *postponement* de montagem: a operação de montagem do produto é postergada até que seja recebido o pedido do cliente, sendo feita de acordo com o pedido recebido. Através desse retardo na montagem é possível oferecer uma grande variedade de produtos aos clientes e ainda assim, manter os níveis de estoque baixos;
- *postponement* de fabricação: após o recebimento do pedido de um produto é que se conclui a fabricação. Insumos e produtos semi-elaborados ficam estocados até que ocorra a diferenciação do produto num tempo e em locais mais próximos dos clientes e, por consequência, da demanda.

Cunha (2002) argumenta que dentro da literatura de estratégia global de distribuição, pode ser inserida a classificação proposta por Cooper (1993) que identifica quatro diferentes

práticas para marcas globais, baseando-se na marca do produto, na sua configuração e no seu tipo de embalagem e rotulagem, que seguem:

- *postponement* unicêntrico: adequado quando a marca, formulação e tipo do produto são os mesmos em todos os mercados. Neste tipo de *postponement*, a manufatura e a distribuição são mantidas num ponto central, como no *postponement* de tempo;
- manufatura por lotes: adequada quando a formulação do produto é diferente em cada mercado. Neste tipo, a diferenciação do produto é retardada no processo produtivo e o produto semi-acabado é despachado e armazenado numa localização centralizada. Consiste numa mistura do *postponement* de forma com o de tempo;
- retardamento de montagem: ocorre quando a diferenciação do produto é feita no armazém. Adequada quando o rótulo, a embalagem e a configuração do produto são feitos sob medida para o mercado. Similar ao *postponement* de fabricação e de montagem propostos na classificação de Zinn e Bowersox (1988);
- retardamento de embalagem: adequada para quando apenas o rótulo e a embalagem variam de acordo com o mercado. Similar aos *postponements* de embalagem e etiquetagem anteriormente propostos.

Van Hoek (1998) utilizou também a nomenclatura *postponement* de logística, porém incluiu também nesse conceito o retardo de lugar, além do tempo. Para Cunha (2002) o *postponement* de lugar seria a estocagem de produtos acabados em diferentes pontos do destino final, antes da demanda ocorrer, e o de tempo, como já colocado anteriormente, seria a movimentação dos produtos apenas quanto ocorrer o pedido.

Pagh e Cooper (1998) definiram o retardo da forma do produto como *postponement* de manufatura e o retardo de tempo como *postponement* de logística. Além dessa definição, fizeram outra contribuição integrando os conceitos de *postponement* e especulação na proposição de uma morfologia para o projeto de uma cadeia de suprimentos que segue mostrada na Figura 2.2.

		LOGÍSTICA	
		Especulação Inventários descentralizados	Postponement Inventários centralizados e/ou produção direta
MANUFATURA	Especulação Produção para estoque	Prática da Especulação	Postponement de Logística
	Postponement Produção contra pedido	Postponement de Manufatura	Postponement Pleno

Figura 2.2 – Matriz postponement e especulação (adaptado de PUGH e COOPER, 1998).

Segue o detalhamento da morfologia proposta por Pugh e Cooper (1998):

- *especulação*: a mais utilizada. Todas as operações de logística e manufatura são finalizadas o quanto antes possível, baseando-se em previsões de vendas. Os produtos são colocados próximos aos consumidores e deslocados através de sistemas de distribuição descentralizados. Como resultado se tem inventários descentralizados e elevado investimento em estoques;
- *postponement* de manufatura: operações como montagem, embalagem e fixação de rótulos são realizadas dentro dos canais de distribuição, depois de concretizada a diferenciação logística. Esta operação é adiada até a consolidação do pedido do cliente. Essa prática aumenta substancialmente a complexidade do gerenciamento dos pedidos dos clientes, porém, segundo Bowersox e Closs (1996), esta prática permite reduzir os estoques dentro da cadeia de suprimentos e simplifica o planejamento, oferecendo ainda grande variedade de escolhas de produto ao consumidor;
- *postponement* de logística: o planejamento da produção é especulativo mas a movimentação logística é adiada. As demandas dos clientes são atendidas a partir de estoques centralizados. Para Sampaio (2003), esta prática reduz os inventários e conseqüentemente o capital necessários para manter o nível de serviço ao cliente num patamar adequado. A desvantagem desta prática é o aumento das despesas com transporte em virtude da necessidade de entregas rápidas e de pouca quantidade;

- *postponement* pleno: representa o maior nível possível de *postponement*. Consiste em somente realizar as operações de logística e manufatura conforme a chegada de pedidos dos clientes. Como consequência tem-se baixo custo com inventários de fabricação e logística, porém existe uma perda nas economias de escala.

Existe ainda outra tipologia que merece importância e foi proposta por Waller, Dabholkar e Gentry (2000), pois inclui outras organizações dentro do processo de *postponement*. Esses autores consideram mais adequada a tipologia a partir do ponto em que ocorre a postergação, ou seja, a montante da cadeia de suprimentos, a jusante e na fase de distribuição.

O *postponement* de montante ocorre através do retardo de ordens de materiais dos fornecedores até que se tenha informação de pedidos. Adequa-se às empresas que empregam matérias-primas caras e para as que produzem a partir de projetos, como os construtores de reatores nucleares. A postergação que agrega valor próximo ao cliente é o *postponement* de jusante, que ocorre quando a configuração final de um produto é atrasada e executada pela empresa mais próxima do pedido do consumidor final. (WALLER, DABHOLKAR e GENTRY 2000)

Waller, Dabholkar e Gentry (2000) explicam que a diferença entre o *postponement* de produção (incluindo etiquetagem, embalagem, montagem e fabricação) proposto por Zinn e Bowersox (1988) e o *postponement* a montante e a jusante é o grau de coordenação e gerenciamento entre as empresas da cadeia e os requisitos únicos de serviço ao consumidor de cadeias de suprimentos individuais. Outra classificação proposta pelos autores é o *postponement* de distribuição (similar ao de tempo), que deve ocorrer depois que o produto já estiver configurado e pronto para ser entregue ao consumidor.

Com a finalidade de sintetizar as tipologias apresentadas, segue a Figura 2.3 mostrando os tipos de *postponement* e seus autores.

Tipos de Postponement	Autores
Postponement de tempo Postponement de forma	Alderson, 1950
Especulação	Bucklin, 1965
Divisão do <i>postponement</i> de forma em 4 tipos: – etiquetagem – embalagem	Zinn e Bowersox, 1988

Tipos de Postponement	Autores
<ul style="list-style-type: none"> – montagem – fabricação 	
<i>Postponement</i> unicêntrico Manufatura por lotes Retardo de montagem Retardo de embalagem	Cooper, 1993
<i>Postponement</i> de manufatura <i>Postponement</i> de logística	Pagh e Cooper, 1998
<i>Postponement</i> de logística (igual ao de lugar, acrescentando-se o de tempo)	Van Hoek, 1998
Postponement de montante Postponement de jusante <i>Postponement</i> de distribuição	Waller, Dabholkar, Gentry, 2000

Figura 2.3 - Tipos de postponement (CUNHA, 2002).

Neste trabalho, optou-se por utilizar as denominações *postponement* pleno, quando a postergação estiver relacionada tanto com a montagem do produto quanto com a distribuição do produto, *postponement* de forma, quando a postergação ocorrer até o nível da postergação da montagem do produto, *postponement* de logística, quando a postergação estiver relacionada com tempo e local da distribuição do produto, e especulação, quando não houver nenhum tipo de *postponement*.

Segue a Figura 2.4, que ilustra as denominações de *postponement* definidas anteriormente mostrando o ponto onde o pedido do cliente é recebido.

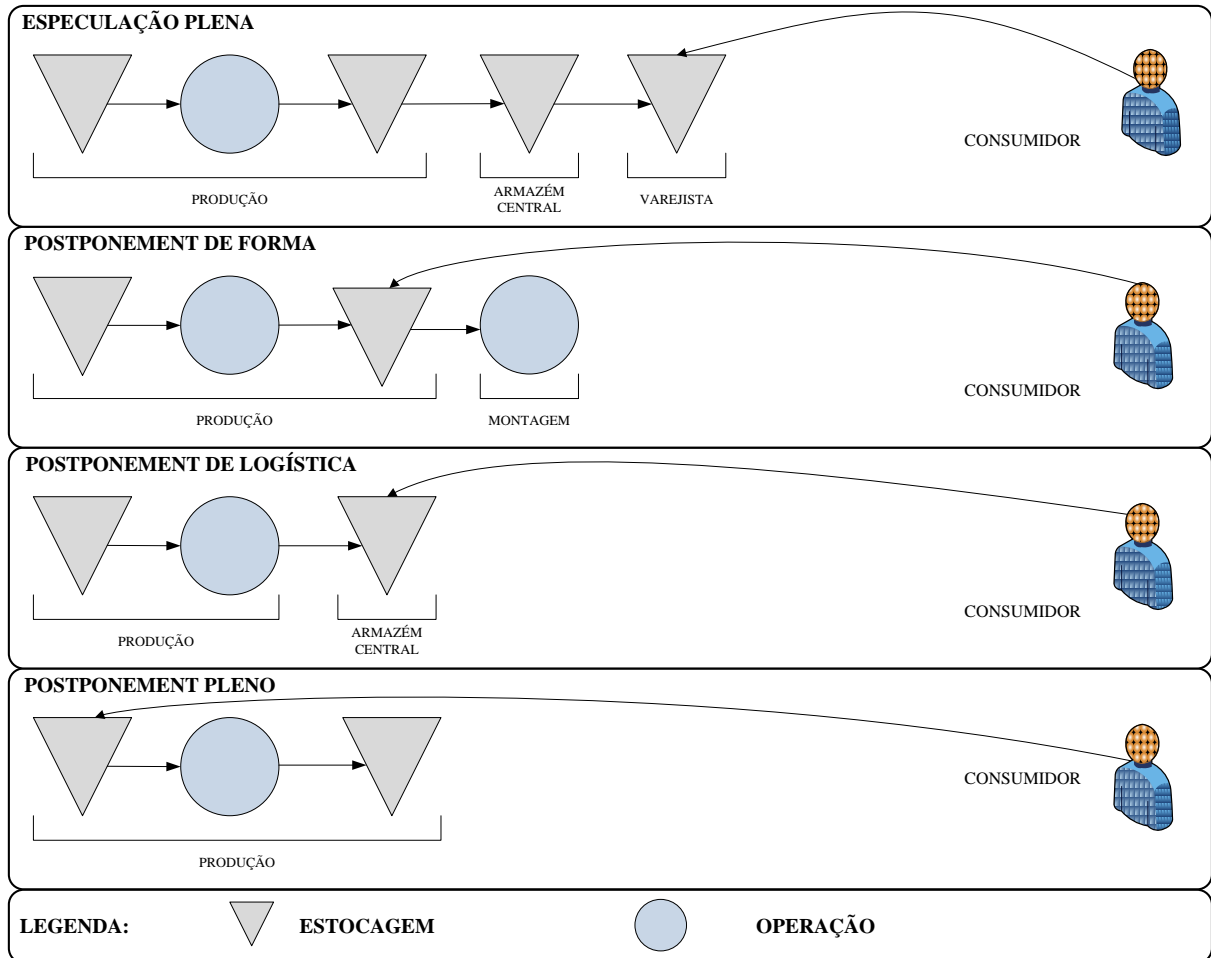


Figura 2.4 - Denominações de *postponement*, indicando o ponto onde o pedido do cliente é recebido (adaptado de PAGH e COOPER, 1998).

Optou-se por estas denominações por se entender que o *postponement* pleno envolve aspectos relativos tanto ao projeto da cadeia de suprimentos quanto ao projeto dos próprios produtos. O *postponement* de logística envolve somente os aspectos relativos ao projeto da cadeia de suprimentos. Já a especulação consiste na prática atualmente mais adotada pelas empresas e, portanto já suportada pela atual teoria sobre logística e desenvolvimento de produtos.

O *postponement* de forma, que se enquadra no escopo deste trabalho, envolve principalmente os aspectos relativos ao projeto dos produtos, pois a arquitetura destes deve ser flexível, oferecendo opções de escolha ao consumidor sobre determinadas especificações de componentes que irão inserir no produto a característica desejada pelo consumidor, porém também deve ser padronizada para gerar economias de escala para as empresas.

Portanto, no que se refere à metodologia de projeto do produto, principalmente à arquitetura do produto, o principal enfoque a ser dado dentro de um cenário de utilização da

prática de especulação, é a padronização. Já num cenário de utilização do *postponement* pleno, o principal enfoque é a flexibilidade. Num cenário de utilização da prática do *postponement* de forma, o enfoque se divide entre flexibilidade e padronização e, finalmente, num cenário de *postponement* de logística, o enfoque passa a não ser mais a metodologia de projeto de produto, mas sim o projeto da cadeia de suprimentos. A Figura 2.5 na sequência ilustra a relação entre o tipo de *postponement* com o enfoque na arquitetura do produto.

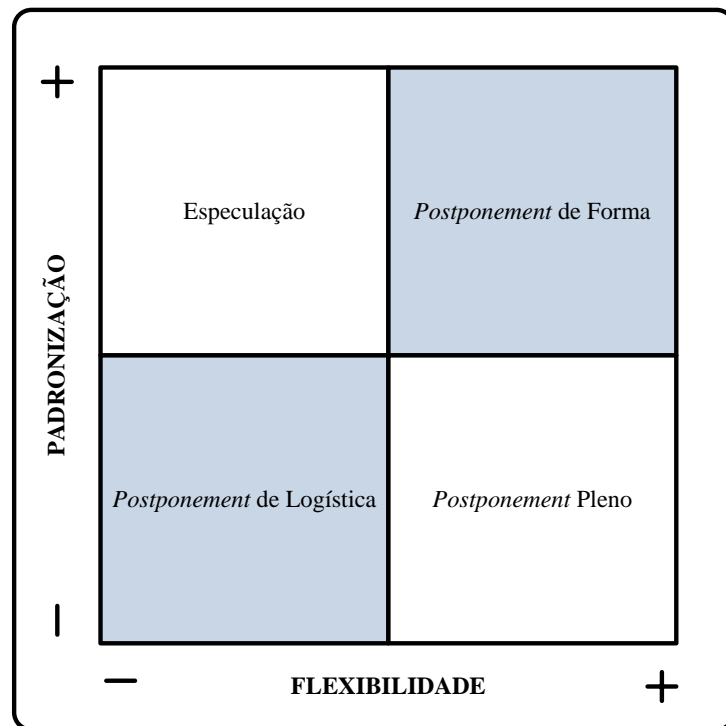


Figura 2.5 - Enfoque na arquitetura do produto x tipo de *Postponement* (adaptado de JOSE e TOLLENAERE, 2005).

Com o entendimento de como o *postponement* funciona e de quais são os seus diferentes tipos, pode-se identificar mais precisamente quais são os aspectos que podem facilitar a adoção desta prática por uma empresa.

2.2.2 Facilitadores para aplicação do *Postponement*

Nesta seção serão abordados quais aspectos dentro de uma indústria favorecem à adoção da prática do *postponement* que pode ser muito vantajoso quando bem aplicado. No entanto é necessário que se observe algumas características operacionais e variáveis necessárias antes.

Sampaio (2003) afirma que vários autores têm pesquisado as variáveis operacionais que facilitam e demandam a aplicação do *postponement* que são apresentadas na Figura 2.6.

Fonte	Variáveis Necessárias
Bowersox e Closs (1996)	Demanda instável, elevado número de marcas e versões do produto, variações no peso e tamanho do produto e alto percentual de materiais ubíquos.
Cooper (1993) e Van Hoek (1998)	Processo modular; baixa complexidade na operação de personalização; projeto modular do produto; fontes de múltiplas locações; módulos intercambiáveis; formulação específica do produto; periféricos específicos; produto de alto valor monetário; aumento do peso ou volume; ciclo de vida do produto, elevada oscilação da demanda, necessidade de <i>lead time</i> curto e confiável; competição em preço; mercado segmentado.
Van Hoek (1999)	Intensidade de utilização da tecnologia de informação integrando os processos internos; intensidade de utilização da tecnologia da informação integrando os processos interorganizacionais; nível de turbulência do mercado; frequência de mudança tecnológica de produtos e processos; nível de complexidade da etapa final do processo de manufatura; grau de modularidade e padronização do produto; nível de customização possível durante o estágio final do processo de manufatura e número de atividades de customização realizada pela operação.
Droge <i>et al</i> (1995)	Tecnologia da informação; baixa previsibilidade da demanda.
Pagh e Cooper (1998)	Estágio do ciclo de vida; volume; estratégia de custo/serviço; tipo de produto; variedade; perfil de valor; densidade monetária; tempo de entrega; frequência de entrega; nível de instabilidade da demanda; economia de escala; complexidade da customização.

Figura 2.6 - Variáveis que facilitam e demandam a aplicação do *postponement* (SAMPAIO, 2003).

Nota-se que entre as variáveis enumeradas pelos diversos autores, as que mais se repetem são demanda instável, baixa complexidade da última etapa de manufatura e modularidade do produto, esta última variável também é citada por Van Hoek, Vos e Commandeur (1998) na Figura 2.7, onde são listadas características operacionais que facilitam a adoção da prática dos *postponement* de forma.

Fatores	Motivo
Características do Processo e Tecnologia	
<ul style="list-style-type: none"> – processo modular permitindo o seu desacoplamento em atividades primárias e atividades secundárias; – pouca complexidade na operação de personalização; – fontes de múltiplas locações. 	<ul style="list-style-type: none"> – reduz os problemas decorrentes da perda de economia de escala; – rápida personalização final a baixo custo; – embarque direto de módulos.
Características do Produto	
<ul style="list-style-type: none"> – módulos intercambiáveis; – formulação específica do produto; – periféricos específicos; – projeto modular do Produto; – produto de alto valor monetário; – aumento do peso ou volume. 	<ul style="list-style-type: none"> – reduz níveis de estoques e reduz os riscos de obsolescência; – melhora a customização; – reduz os custos de armazenagem; – reduz os custos de transporte.
Características do Mercado	
<ul style="list-style-type: none"> – ciclo de vida curto; – alta oscilação da demanda; – necessidade de <i>lead-time</i> curto e confiável; – competição em preço; – mercado segmentado. 	<ul style="list-style-type: none"> – reduz o risco de obsolescência dos inventários reduz o nível e estoques; – melhora do nível do serviço; – reduz os custos; – melhora o posicionamento do produto no mercado e a segmentação.

Figura 2.7 - Características operacionais x postponement de forma (VAN HOEK, VOS e COMMANDEUR, 1999).

Para Droge *et al* (1995), os mercados com demandas voláteis são mais receptivos à aplicação do *postponement*, pois variabilidade na demanda quase sempre está associada com uma grande variedade de produtos e com o risco de estoques obsoletos. A estocagem de produtos semi-acabados é muito mais econômica do que a de diversos produtos acabados, principalmente quando os componentes e módulos são intercambiáveis.

A modularidade do produto torna o processo de estocagem, além de mais econômico, também mais flexível no que se refere à capacidade de se adaptar a mudanças nas demandas dos clientes, pois ao invés de se ter a forma acabada de um único produto, tem-se vários módulos semi-acabados, que podem originar vários produtos diferentes.

Esta flexibilidade também é exigida dos processos de manufatura, conforme ressalta Slack (1993), pois ajuda a lidar com uma larga faixa de partes, componentes e produtos e também facilita a adaptação de produtos a requisitos específicos dos consumidores. Ainda, segundo Savaris (2003), a flexibilidade de manufatura facilita uma rápida operação de customização do produto. Porém a flexibilidade de manufatura possui custos associados e não deveria ser desperdiçada em áreas onde não é necessária.

Savaris (2003) argumenta que a opção para se reduzir os custos associados a uma manufatura flexível pode ser o confinamento da flexibilidade em partes específicas da operação que possam ser controladas com mais facilidade. No caso da aplicação do *postponement* de forma, a parte da manufatura que deve ser flexível é a montagem final do produto, pois é onde se customizará o produto de acordo com o pedido do cliente, partindo-se do pressuposto que os módulos sejam iguais e não demandem flexibilidade variante.

Neste ponto, portanto, cabe-se detalhar mais profundamente os custos que são inerentes à aplicação da prática do *postponement*.

2.2.3 Custos inerentes à aplicação do *Postponement*

Os custos envolvidos na aplicação do *postponement* podem ser fatores limitantes para sua aplicação. Van Hoek, Commandeur e Vos (1998), ressaltam que existe muita dificuldade em se estimar os custos da prática do *postponement*.

Zinn e Bowersox (1988) dividiram os custos do *postponement* em estoques, processamento, transporte e serviço ao cliente (vendas perdidas). Utilizando a prática de *postponement*, os custos com estoque caem enquanto os relacionados com vendas perdidas e processamento do produto aumentam.

Porém, como mostra a Figura 2.8, justamente os custos com o processamento do produto podem ser reduzidos se o projeto for concebido com esse intuito.

Tipos de <i>postponement</i>	Categoria de custo	Impacto no custo no caso de <i>postponement</i>	Influência do projeto do produto no custo
tempo	transporte	aumenta	baixa
	manutenção de estoques	diminui	média
	vendas perdidas	aumenta	baixa
forma	transporte	diminui	baixa
	manutenção de estoques	diminui	média
	processamento (montagem)	aumenta	alta
	vendas perdidas	aumenta	baixa

Figura 2.8 - Tipo de *postponement* e o impacto nos custos.

Waller, Dabholkar e Gentry (2000) afirmam que o custo de transporte e estoque de produtos semi-acabados poderá ser menor se a prática implementada for o *postponement* de forma, porém há situações em que os custos com transporte de produtos semi-acabados e a serem finalizados podem aumentar em razão dos pequenos lotes o que pode exigir mais movimentação. Por exemplo, ao invés de transportar um único lote de 100 peças por um determinado percurso, que demanda uma única viagem, se transportar 2 lotes de 50 peças, que demandariam 2 viagens pelo mesmo percurso.

Pagh e Cooper (1998) também criaram uma matriz onde associam suas classificações de *postponement* e as respectivas implicações nos custos, que segue na Figura 2.9.

		LOGÍSTICA	
		Especulação Inventários descentralizados	Postponement Inventários centralizados e/ou produção direta
MANUFATURA	Especulação Produção para estoque	Baixos custos de produção Altos custos com estoques Baixos custos de distribuição Altos níveis de serviço	Baixos custos de produção Baixos/médios custos com estoques Altos custos de distribuição Baixos/médios níveis de serviço
	Postponement Produção contra pedido	Médios/altos custos de produção Médios/altos custos com estoques Baixos custos de distribuição Médios/altos níveis de serviço	Médios/altos custos de produção Baixos custos com estoques Baixos custos de distribuição Baixos níveis de serviço

Figura 2.9 – Custos do postponement x custos da especulação (adaptado de PAGH e COOPER, 1998).

Como se pode notar, tanto Zinn e Bowersox quanto Pagh e Cooper afirmam que postergando a manufatura do produto, os custos de processamento do produto aumentam, porém há reduções nos custos de estoque e transporte.

Os custos de processamento, porém, podem ser reduzidos com a utilização de plataformas e famílias de produtos, que tem como base a arquitetura modular dos produtos e o compartilhamento de módulos comuns entre as variantes de produto. A arquitetura modular fornecerá ao produto a flexibilidade necessária para se adaptar dentro de um cenário de *postponement* de forma. Já o compartilhamento de módulos comuns fará com que se reduzam os custos no processamento da montagem, através de economias de escala, das famílias de produto.

Neste ponto, cabe conceituar o que é a arquitetura de produto, arquitetura modular, plataformas e famílias de produtos para que se entenda como a utilização desses conceitos na concepção do produto facilitará sua futura inserção num cenário de aplicação do *postponement* de forma.

2.3 Arquitetura do Produto

Ulrich (1995) define arquitetura do produto como o esquema onde os componentes físicos estão associados a elementos funcionais de modo a formar vários produtos. Ulrich e Eppinger (2000) detalham as dimensões da arquitetura do produto explicando que a dimensão dos componentes físicos está associada com os componentes e montagens que habilitam às funções do produto e que a dimensão funcional, que compreende as operações e transformações que contribuem para a funcionalidade geral do produto.

Portanto, entende-se arquitetura de um produto como o esquema adotado para arranjar os elementos dos produtos em partes físicas e organizar a maneira como essas partes interagem entre si.

De acordo com Ulrich e Eppinger (2000), a arquitetura do produto é estabelecida após a definição do mercado alvo, das tendências tecnológicas e da identificação dos requisitos e de toda a família de produtos como um todo.

Na literatura encontram-se a distinção de dois tipos de arquitetura que são a integral e a modular.

2.3.1 Arquitetura Integral e Modular

Para Rozenfeld *et al* (2006) a arquitetura integral caracteriza-se por ter as funções dos produtos distribuídas em vários conjuntos de componentes e não existe muita preocupação com as relações entre esses componentes, sendo que suas interações são mal definidas. Já a arquitetura modular caracteriza-se por cada módulo implementar apenas uma ou algumas funções, sendo que não existe o compartilhamento de funções entre os módulos. Outra característica é que as relações entre os módulos são bem definidas e fundamentais para a realização da função básica do produto.

Ulrich (1995) define a arquitetura modular como sendo a arquitetura onde existe uma relação única entre um elemento físico e um elemento funcional, originando interfaces padronizadas entre os componentes de maneira que uma mudança em um componente específico não ocasionará mudanças em outros componentes. O que é uma característica fundamental para que a montagem de um produto, num cenário de *postponement* de forma, seja viável.

Já a arquitetura integral, de acordo com Ulrich (1995) é orientada para um produto otimizado. Neste tipo de arquitetura de produto, mudanças num componente específico

implicam em mudanças em outros componentes. Este tipo de projeto implica em complexas relações entre componentes e funções e, conseqüentemente, complexas interfaces conectando os componentes. As especificações de seus componentes visam atender requisitos específicos de um determinado cliente, o que não é aplicável num cenário de *postponement* de forma.

Jose e Tollenaere (2005) fizeram uma coletânea dos principais pontos positivos e negativos elencados por diversos autores, como Nevins e Whitney (1989), Corbett *et al* (1991), Pahl e Beitz (1988) e Thomke e Reinertsen (1998) dentro da literatura sobre os tipos de arquitetura de produto, que segue na Figura 2.10.

Benefícios da Arquitetura Modular	Benefícios da Arquitetura Integral
– especialização das funções por módulo;	– aprendizado interativo;
– aumenta o nº de possíveis versões diferentes do produto;	– altos níveis de performance através de tecnologias especiais;
– economia de escala no compartilhamento de componentes;	– inovações sistemáticas;
– economias de custo no inventário e na logística;	– acesso superior a informações;
– menor custo de ciclo de vida através de fácil manutenção;	– proteção contra possíveis imitações;
– ciclo de vida curto através de aprimoramentos incrementais, adaptações e adições;	– elevadas barreiras a entradas de fornecedores e componentes;
– flexibilidade na reutilização de componentes;	– possibilita produção artesanal;
– facilita o <i>outsourcing</i> ;	
– montagem mais rápida e redução no tempo de produção;	
– facilita a postergação de operações de diferenciação (<i>postponement</i>) para reagir mais rápido a mudanças do mercado;	
– possibilita a manufatura paralela dos módulos (flexibilidade de manufatura);	

Benefícios da Arquitetura Modular	Benefícios da Arquitetura Integral
– agiliza o processo de desenvolvimento de produtos;	
Exemplos: computadores, brinquedos Lego e canetas com carga de tinta.	Exemplos: carros de fórmula um e satélites.

Figura 2.10 - Pontos positivos e negativos da arquitetura modular e integral (JOSE e TOLLENAERE, 2005).

O benefício citado pelos autores na Figura 2.10, de que a arquitetura modular facilita a postergação de operações de diferenciação, reforça a característica apontada por Van Hoek, Commandeur e Vos (1998), na Figura 2.7, em que a arquitetura modular do produto melhora a customização do produto.

Modularidade pode ser vista como a qualidade ou característica de um sistema em separar partes independentes ou módulos, que podem ser tratados como unidades lógicas. Modularidade está relacionada com a maneira pela qual o produto é fisicamente dividido em componentes. Assim, os produtos não podem ser classificados como modulares ou não, mas sim exibem mais ou menos modularidade no projeto. (ROZENFELD *et al.* 2006)

Existem duas maneiras para aumentar a modularidade sendo que a primeira é dividir a versão do módulo em partes menores, a segunda é aumentar o número de versões do módulo. Para reduzir a modularidade também existem duas maneiras, sendo que uma é acumular vários módulos num único módulo maior e a outra é reduzir o número de versões dos módulos. (JOSE e TOLLENAERE, 2005)

Essas são as questões chave na hora de se avaliar quantas variantes do produto são possíveis de serem geradas numa família de produtos, proveniente de uma determinada plataforma.

Dividindo-se o a versão do módulo em partes menores, pode-se gerar variedade através da agregação de um determinado módulo a um produto, fazendo com que este adquira mais uma função. Já aumentando o número de versões do módulo, gera-se variedade através da opção de seleção do desempenho de uma determinada função do produto.

No caso deste trabalho, a maneira de gerar modularidade que mais se adéqua dentro do escopo é aumentar o número de versões dos módulos, especificamente daqueles que serão adicionados ao produto na montagem final. Isto porque esta maneira possibilitará a oferta de opções de escolha ao consumidor sem aumentar o número de componentes e módulos do produto, o que poderia aumentar os custos de montagem do produto. A agregação de módulos

para gerar variedade neste trabalho também é possível, porém estes não devem ser difíceis ou demorados para montar, pois podem prejudicar o desempenho da montagem final, aumentando o custo do produto num cenário de aplicação do *postponement* de forma.

2.3.2 Famílias de Produtos a partir de Plataformas

Para Meyer e Lehnerd (1997), o conceito de família de produtos se refere a um grupo de produtos similares que derivam de uma plataforma comum, que possuem características e funcionalidades específicas para atender as necessidades de um determinado grupo de clientes.

Cada produto dentro de uma família de produtos, ou seja, um membro da família é chamado de uma variante de produto. Desse modo, enquanto uma família de produtos foca um determinado segmento de mercado, um produto variante dessa família foca no atendimento de um subconjunto específico de necessidades desse segmento de mercado. (JIAO, SIMPSON e SIDDIQUE, 2007)

Erens e Verhuslt (1997) afirmam que todos os produtos variantes de uma determinada família de produtos compartilham estruturas e tecnologias comuns que dão origem à plataforma da família de produtos.

Na literatura existem diferentes definições para plataforma de produto. Jose e Tollenaere (2005) definem plataforma de produtos como o uso de módulos padronizados por diferentes produtos, dentro de um grupo. Meyer e Lehnerd (1997) afirmam que plataforma de produtos é um conjunto de subsistemas e interfaces desenvolvidas para formar uma estrutura comum de onde um grupo de variações de produto pode ser eficientemente desenvolvido e produzido. Para MacGrath (1995), plataforma de produtos é um conjunto de elementos, principalmente de tecnologias, implementados num grupo de produtos. Já Robertson e Ulrish (1998) definem plataforma de produtos como sendo uma coleção de ativos compartilhados por um grupo de produtos, sendo que esses ativos incluem conhecimento, processos, componentes e pessoas.

Jose e Tollenaere (2005) citam o compartilhamento do conhecimento, de processos e de componentes como implicações de uma plataforma de produtos. Esses autores afirmam que a seleção de uma plataforma de produtos necessita de um balanço abrangente entre o número de “módulos diferenciados” em contrapartida ao número de “módulos padronizados”.

Uso de diferentes módulos permite a criação de uma grande variedade de produtos, porém também aumenta o custo da plataforma de produtos. Já a utilização de módulos

padronizados permite reduções de custo através da economia de escala, porém reduz o número de variantes possíveis na plataforma. A Figura 2.11 ilustra essa relação.

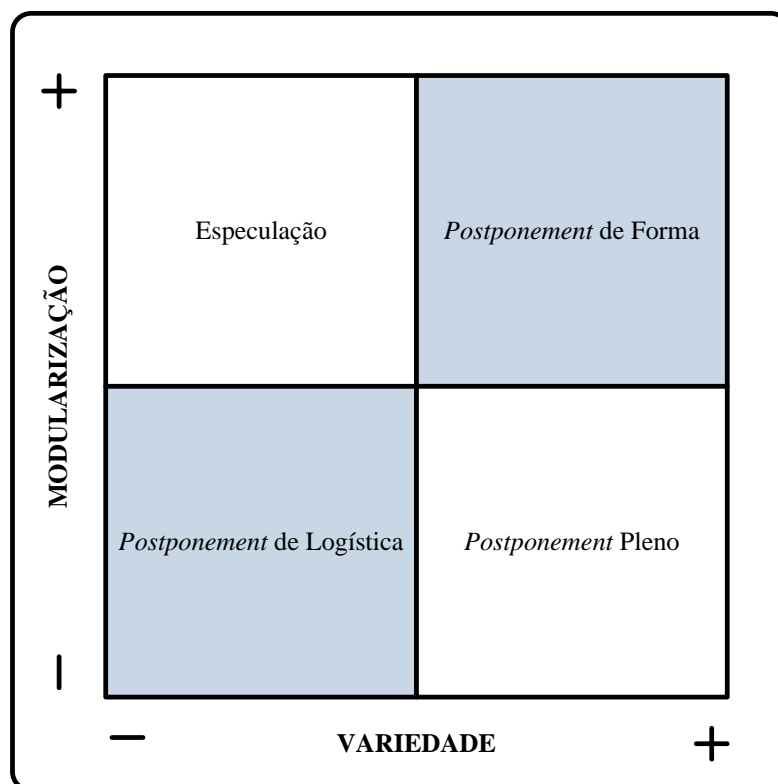


Figura 2.11 - Modularização x Variedade (JOSE e TOLLENAERE, 2005).

Como já ilustrado anteriormente na Figura 2.5, o *Postponement* de Forma demanda tanto flexibilidade quanto padronização na concepção da arquitetura do produto.

Flexibilidade para que se possa oferecer diferentes variantes do produto ao cliente, através da postergação da montagem final do produto. Padronização para que se obtenham, nas etapas anteriores de fabricação, economias de escala através do uso de módulos padronizados.

Portanto, o ponto de diferenciação do produto deve ser o mais próximo possível do final da cadeia de produção, para que a maior parte dos processos de produção do produto possa se beneficiar das economias de escala.

É necessário se desenvolver o produto de maneira a tornar possível essa postergação do ponto de diferenciação, identificando quais serão os módulos padronizados e os módulos diferenciados, ao longo das etapas de desenvolvimento do produto.

Assim, é necessário conhecer o processo de desenvolvimento do produto, onde estão contempladas as atividades necessárias para agregar ao produto os aspectos para que ele possa

ser produzido de forma eficiente dentro de um cenário de aplicação do *Postponement* de Forma.

2.4 O Processo de Desenvolvimento do Produto

Para Rozenfeld *et al* (2006), desenvolver produtos consiste em um conjunto de atividades por meio das quais, busca-se através das necessidades do mercado e das possibilidades tecnológicas, levando em conta as estratégias de empresa, chegar as especificações de um projeto de um produto e de seu processo de produção.

Pahl e Beitz (1988) definem o processo de desenvolvimento de produto como o palco onde todo o conhecimento grupal, individual e organizacional é consolidado e transformado em ação até a materialização em produto final, correspondente a fase de concepção até a comercialização do produto.

Para Rozenfeld *et al* (2006) o processo de desenvolvimento de produtos situa-se na interface entre a empresa e o mercado, cabendo a ele identificar e até mesmo antecipar as necessidades do mercado e propor soluções que atendam tais necessidades. Clark e Fujimoto (1991) corroboram com essa idéia afirmando que o desenvolvimento de produtos é um processo pelo qual uma organização transforma as informações de oportunidade de mercado e de possibilidades técnicas em informações para a fabricação do produto.

Dessa maneira, segundo Toledo (1994), as questões fundamentais relacionadas ao desenvolvimento de produtos são:

- Desenvolver produtos que satisfaçam as expectativas do mercado, em termos da qualidade total do produto;
- Desenvolver um produto adequado mais rápido que o concorrente;
- Desenvolver um produto a um custo menor.

Mundim (2002) procura ressaltar a importância de se enxergar o desenvolvimento de produtos como um processo estruturado, possibilitando uma visão mais dinâmica.

Um processo de desenvolvimento de produtos sistematizado e documentado permite que as particularidades de cada projeto sejam atendidas e, ao mesmo tempo, garante a utilização das melhores práticas de projeto.

Portanto, um processo de desenvolvimento de produtos bem estruturado permitirá identificar as particularidades que cada variante de uma família de produtos deve ter. Por ser a interface entre a empresa e o mercado, deve permitir também a identificação de quais deverão ser os “módulos padronizados”, que atenderão as necessidades gerais de um determinado

mercado e quais serão os “módulos diferenciados”, que satisfarão as necessidades de um determinado segmento de clientes dentro deste mercado e que devem ter sua montagem final postergada.

Assim, é necessário saber quais são as fases, as etapas e as atividades executadas no processo de projeto que são críticas sob a ótica do *Postponement* de Forma, dentro de uma metodologia estruturada de desenvolvimento de produtos.

2.4.1 Metodologias de Desenvolvimento de Produto

Entende-se que no processo de desenvolvimento de produtos é onde se poderão embutir nos produtos as características necessárias para facilitar a postergação da montagem final, como pode ser observado na Figura 2.12.

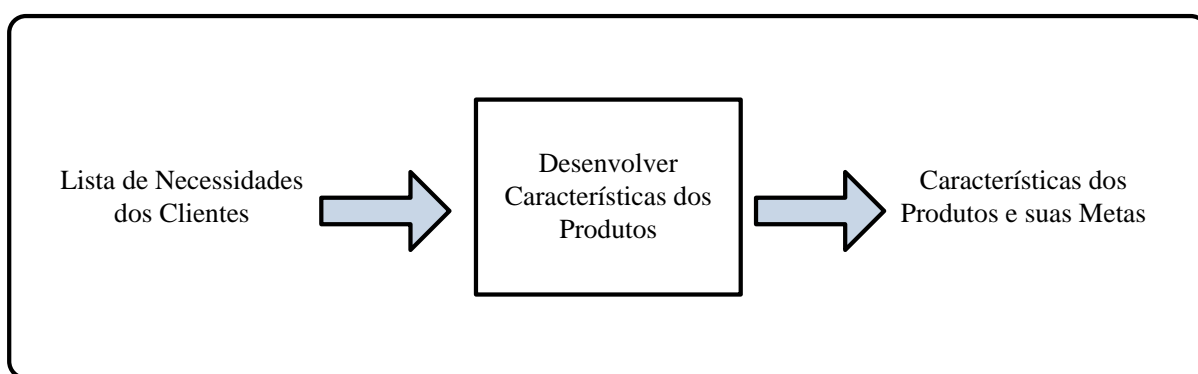


Figura 2.12 – Diagrama insumo-resultado (JURAN, 1992).

Contudo, Yoshikawa (1989) ressalta que não existe uma teoria de projeto de produtos que possa ser adequada à solução de todos os tipos de problemas. Existem sim procedimentos sistemáticos, metodologias, que, com maior ou menor grau de detalhamento, orientam as ações dos projetistas no desenvolvimento dos produtos.

Dentre as metodologias difundidas na literatura de desenvolvimentos de produtos, destacam-se a de Pahl e Beitz (1988) e a de Rozenfeld *et al* (2006).

Neste trabalho, a análise do processo de desenvolvimento de produtos será feita tomando-se como base a metodologia de Rozenfeld *et al* (2006), por se entender que é uma abordagem mais atual do processo de desenvolvimento de produtos, pertencendo a era do desenvolvimento integrado de produtos, que, de acordo com Rozenfeld *et al* (2006), possui como uma de suas características o uso de projetos plataforma e modularizados para gerar

variedade de produtos, para diferentes segmentos, o que reforça sua aderência com o escopo do trabalho.

O Modelo Unificado do Planejamento e Desenvolvimento de Produtos, apresentado por Rozenfeld *et al* (2006), se configura como uma abordagem estruturada para o processo de desenvolvimento de produtos. O modelo é dividido em macrofases, fases, atividades e tarefas. As macrofases são divididas em:

- pré-desenvolvimento: compreende o planejamento detalhado do produto;
- desenvolvimento: abrange a definição das soluções e de todas as informações técnicas do produto;
- pós-desenvolvimento: consiste no acompanhamento sistemático do produto ao longo do ciclo de vida.

O detalhamento das macrofases e fases do modelo unificado de planejamento e desenvolvimento de produtos segue na Figura 2.13.

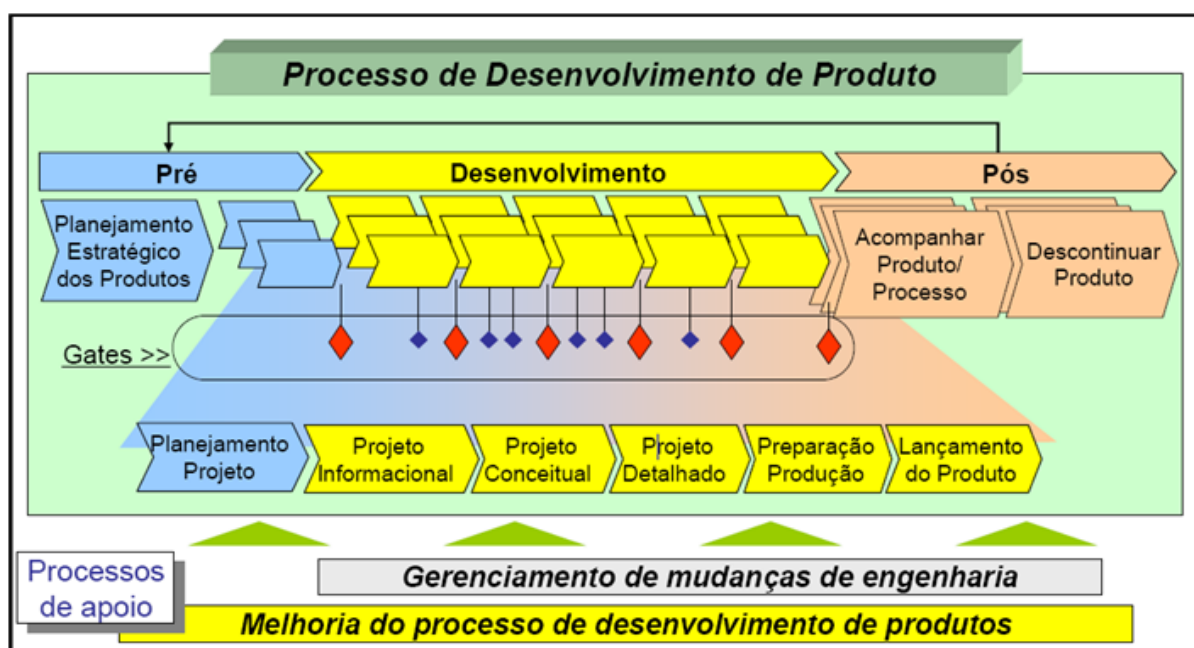


Figura 2.13 - Modelo unificado PDP (ROZENFELD *et al.* 2006).

O escopo deste trabalho está incluído na macrofase de desenvolvimento, pois esta compreende as seguintes fases:

- projeto informacional: é a fase onde se definem os requisitos do projeto, e suas respectivas especificações-meta;

- projeto conceitual: esta fase compreende a modelagem funcional do produto; definição das alternativas de solução; definição da arquitetura; análise dos sistemas, subsistemas e componentes e seleção das concepções alternativas do produto;
- projeto detalhado: compreende o detalhamento dos sistemas, subsistemas e componentes; otimização do produto e processo; planejamento do processo de fabricação e montagem, criação do material de suporte ao produto, projeto da embalagem e planejamento do fim de vida do produto;
- preparação da produção: esta fase engloba o desenvolvimento do processo de produção e manutenção, recepção e instalação de recursos novos, homologação do processo e treinamento da mão-de-obra.
- lançamento do produto: nesta fase se faz a preparação dos processos de vendas, distribuição, assistência técnica e atendimento ao cliente para o futuro lançamento do produto.

Na sequência segue Figura 2.14, ilustrando os principais resultados das atividades das fases de desenvolvimento do modelo unificado do PDP.

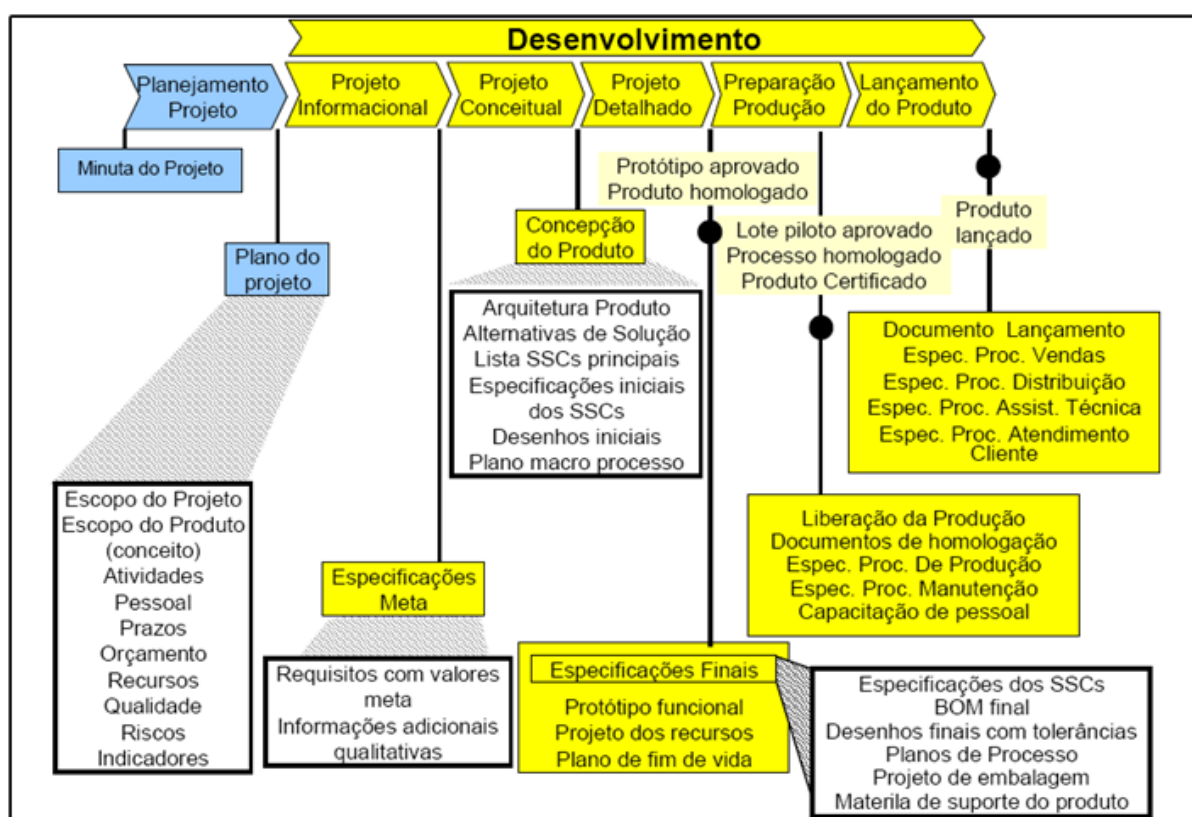


Figura 2.14 - Principais resultados das fases do modelo unificado do PDP (ROZENFELD *et al.* 2006).

Levando-se em conta os objetivos deste trabalho e os resultados apontados pela Figura 2.14, as fases que se enquadram dentro do escopo são a do projeto informacional e do projeto conceitual, pois é onde se definem os requisitos do projeto, com suas respectivas especificações meta, e também a arquitetura do produto, junto com a lista dos principais componentes e módulos.

2.4.1.1 Projeto informacional

Dentro da fase do projeto informacional, as necessidades dos clientes devem ser tratadas, para serem escritas na forma de características do produto, e mais internamente na forma de requisitos do projeto que devem estar relacionados com o desempenho funcional, fatores humanos, propriedades, espaço, confiabilidade, ciclo de vida, recursos e manufatura. (ROZENFELD *et al*, 2006)

Para fins de esclarecimento, neste trabalho entende-se característica do produto como sendo toda funcionalidade deste que constitui um ponto de diferenciação no que se refere à satisfação de uma necessidade do cliente.

Já os requisitos de projeto são a tradução, para uma linguagem mais técnica, do que os clientes esperam do produto, ou seja, das necessidades dos clientes que normalmente são expressas na forma de variáveis lingüísticas.

Os requisitos de projeto são derivados das características do produto que geram valor para seus usuários e, dentre estas, existem as características que o consumidor gostaria de customizar de acordo com suas preferências. Porém, geralmente os consumidores expressam o que não desejam ver no produto, ou seja, suas necessidades latentes não são facilmente mencionadas, conforme ilustra o Diagrama de Kano na Figura 2.15.

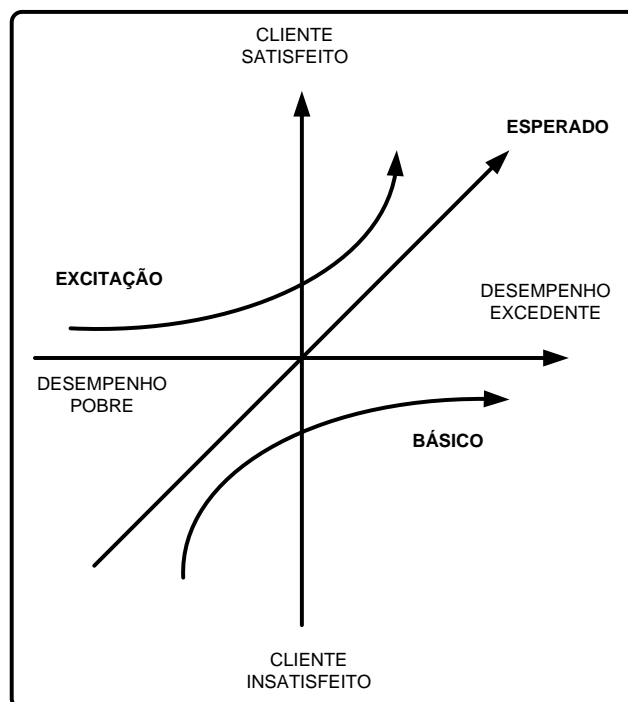


Figura 2.15 - Diagrama de Kano de satisfação dos clientes (ROZENFELD *et al.* 2006).

De acordo com Rozenfeld *et al* (2006), esse diagrama mostra a existência dos seguintes tipos de requisitos:

- requisitos básicos: que não geram um incremento de satisfação suficiente aos clientes, pois estes consideram que tais requisitos devem estar naturalmente no produto, sendo portanto, requisitos previamente indispensáveis. Geralmente, são requisitos não verbalizados pelos clientes. Porém se estes não forem incluídos no produto, os consumidores ficaram insatisfeitos;
- requisitos esperados: são requisitos verbalizados pelos clientes e que, quanto melhor seu desempenho, maior será o valor percebido e maior será a satisfação dos consumidores;
- requisitos surpreendentes: são os requisitos que agradam e surpreendem favoravelmente os clientes, gerando valor e benefícios além dos esperados. Geralmente, não são verbalizados pelos consumidores, representando desejos ocultos, insatisfações toleradas, expectativas até agora não alcançadas, novas utilidades e aspectos de customização do produto para o cliente.

Neste ponto, entretanto, cabe uma avaliação de quais módulos e componentes, com base nos três tipos de requisitos citados anteriormente, poderiam ter sua montagem final postergada, dentro do processo de produção do produto, visando customizar o produto de acordo com as necessidades dos consumidores.

Um ponto importante é que os requisitos básicos devem estar presentes no produto e ao longo de todas as variantes da família de produtos, pois não há lógica em se postergar e se customizar a montagem dos módulos e componentes que desempenham as funções relacionadas a esses requisitos de acordo com o pedido do cliente, pois todos os clientes desta categoria necessitam que estes requisitos estejam incorporados ao produto.

No caso dos requisitos surpreendentes, os clientes não irão verbalizar que desejam ver esses requisitos no produto. Portanto, oferecendo a opção de escolha da configuração final do produto ao cliente, pela da postergação da montagem final do produto, fará com que estes requisitos, de certa forma, passem a não ser mais requisitos surpreendentes, e sim, requisitos esperados.

Portanto, os módulos e componentes que podem ter sua montagem final postergada, sob a ótica dos requisitos do projeto, são aqueles que portam as funções que exercem os requisitos esperados do produto. Através da oferta da opção de customização destes módulos e componentes do produto, se atenderá melhor as diferenças existentes entre cada nicho de um determinado mercado, gerando assim, mais valor para o consumidor.

Na literatura revisada sobre o tema, não é abordada a questão da identificação de quais requisitos e módulos devem ser customizados. Portanto, neste trabalho se propõem que a customização deve ser baseada no relacionamento das características do produto que o cliente deseja customizar, com os requisitos do projeto, ponderados pelo grau de importância desses requisitos. A importância da utilização do grau de importância de cada requisito na identificação dos requisitos e módulos que devem ter sua montagem final postergada reside no fato de que a importância atribuída por um consumidor a um dado requisito, ou conjunto de requisitos, é o que o leva a optar por um produto no momento da compra.

Assim, se postergando a montagem dos módulos que exercem as funções relacionadas com os requisitos mais importantes, o cliente poderá customizar esses módulos de acordo com suas necessidades, fazendo com que o produto se torne mais atrativo e, conseqüentemente, sua satisfação com o produto aumente.

Através desse relacionamento, ilustrado pelas setas na Figura 2.16, pode-se identificar quais são os requisitos e, conseqüentemente, os módulos e componentes que devem ter sua montagem final postergada.

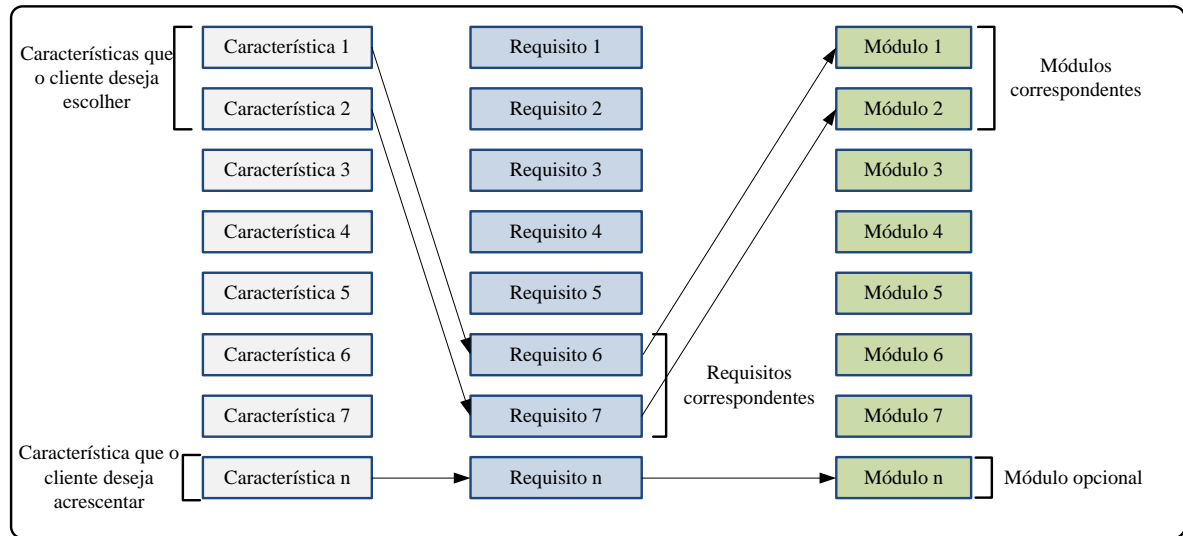


Figura 2.16 - Relacionamento entre características, requisitos e módulos do produto.

Dentre às características do produto que o cliente deseja escolher, porém, podem existir características que o consumidor não deseja simplesmente escolher, mas sim acrescentar ao produto. Para poder se oferecer essa opção ao cliente, deve-se isolar as funções que irão agregar tais características ao produto em módulos independentes, que serão opcionais do produto. Porém esse tipo de modularidade, como já abordado na seção 2.3.1, não é o mais indicado, pois aumenta o número de componentes, reduzindo o desempenho da montagem final do produto. A Figura 2.17 apresenta os tipos de características do produto.

Característica Padronizada	Presente, com especificações padronizadas, em todas variantes do produto
Característica Diferenciada	Presente, com especificações customizáveis, em todas as variantes do produto
Característica Opcional	Opcional, com especificações padronizadas ou customizáveis, em todas variantes do produto

Figura 2.17 - Tipos de características do produto.

Cada tipo de característica tem, portanto, seu correspondente tipo de requisito e de módulo, como ilustra Figura 2.18.

Característica Padronizada	Requisito Padronizado	Módulo Padronizado
Característica Diferenciada	Requisito Diferenciado	Módulo Diferenciado
Característica Opcional	Requisito Opcional	Módulo Opcional

Figura 2.18 - Tipos de característica, requisitos e módulos.

Assim, uma característica padronizada do produto estará relacionada com um requisito padronizado e, conseqüentemente, com um módulo padronizado. Esta mesma regra se aplica para as características, requisitos e módulos diferenciados e opcionais.

Para fazer este relacionamento entre as características do produto que o cliente deseja escolher com os requisitos de projeto e, posteriormente, desses requisitos de projeto com os módulos do produto, se utilizarão matrizes de correlação que serão detalhadas posteriormente neste trabalho.

2.4.1.2 Projeto conceitual

Dentro da fase do projeto conceitual, a primeira etapa é a atividade da análise funcional, que auxilia a descrever produtos num nível mais abstrato, possibilitando a obtenção da estrutura funcional do produto, não restringindo o espaço de pesquisa às soluções específicas. Essa abstração facilita a generalização, o que propicia uma formulação ampla e aberta do produto. (ROZENFELD *et al.* 2006)

De uma maneira geral, as funções descrevem as ações desejadas ou necessárias que tornarão um produto capaz de desenvolver seus objetivos e atender às especificações dos seus requisitos. Esta atividade de concepção é fundamental para o início da atividade seguinte, que é a definição da arquitetura do produto.

Para que um produto tenha sucesso num cenário de aplicação do *Postponement* de Forma, é necessário que a arquitetura deste seja concebida de forma modular, como já citado anteriormente no item 2.2.2. Portanto, a atividade de definição da arquitetura é de suma importância. Neste contexto, esta atividade compreende a definição dos módulos do produto, a definição do compartilhamento desses módulos entre as diversas variantes de produto da família e, ao final, a avaliação da flexibilidade dessa arquitetura para atender variações nas especificações dos requisitos do produto.

Ao final dessa fase, também é necessário que se faça uma avaliação da facilidade de montagem dos módulos diferenciados do produto, para que estes não tornem a montagem final o gargalo da produção do produto e, por fim, uma avaliação para verificar a “habilidade” que o produto tem para ser inserido dentro de um cenário de *postponement*.

Com a finalização dessa atividade, está definida a arquitetura do produto, que é o item que contempla e agrega as características necessárias para que um produto tenha sucesso num cenário de postergação da sua montagem final.

2.5 Considerações

A fundamentação teórica abordada neste capítulo procurou apresentar a forma como o meio acadêmico e empresarial tem abordado o tema da oferta de variedade de produtos, desde o conceito estratégico da customização em massa, passando pela parte operacional, abordada pelo conceito de *postponement*, e dentro do ambiente de desenvolvimento do produto, abordando os conceitos de arquitetura modular, família e plataforma de produtos, e culminando nas atividades do próprio processo de desenvolvimento do produto.

As organizações têm buscado oferecer produtos que se adéquem cada vez melhor às necessidades dos consumidores. Dentro desse contexto, a estratégia de customização em massa busca oferecer ao cliente a oportunidade de configurar seu próprio produto oferecendo para tal, opções de configuração de acordo com as características deste produto que o consumidor deseja escolher.

Para que esta configuração por parte do cliente seja possível, sem perder os benefícios da economia de escala, deve-se utilizar a prática do *postponement* de forma, que retarda a configuração final do produto até o ponto mais próximo do cliente possível dentro da cadeia de produção, que é a montagem final. Para que esta postergação tenha sucesso, um dos aspectos mais importantes a ser levado em conta no projeto do produto é a sua arquitetura, que deve ser modular, principalmente nos módulos relacionados com as características do produto que o cliente deseja escolher.

Esta modularidade deve estar alinhada com a definição da família de produtos e sua respectiva plataforma que, por consequência, devem ser consideradas ao longo do processo de desenvolvimento do produto. Neste ponto, a metodologia unificada do PDP, proposta por Rozenfeld *et al* (2006), considera a definição da arquitetura e das famílias e plataformas do produto ao longo do processo de desenvolvimento, porém, não fica claro quais são as etapas e atividades, dentro desta metodologia, que agregam ao produto os aspectos necessários para que este possa ser inserido com sucesso num cenário de postergação da montagem final do produto (*postponement* de forma).

Portanto, de acordo com os objetivos específicos deste trabalho, este capítulo apontou em quais etapas do processo de desenvolvimento do produto se identificam os requisitos do projeto que devem estar alinhados com as características do produto que o cliente deseja escolher e acrescentar. Essa identificação possibilita a determinação do número de variantes que irão compor a família de produtos. Este capítulo apontou também em quais etapas do

desenvolvimento do produto se define a arquitetura, onde se determinam quais serão os módulos padronizados, os módulos diferenciados e os módulos opcionais da família de produtos.

No entanto, é necessário se estudar ferramentas que operacionalizarão a identificação dos requisitos e dos módulos, dentro do processo de desenvolvimento do produto, bem como ferramentas que avaliarão a variedade na arquitetura do produto, que possibilitarão determinar se os módulos diferenciados serão facilmente montados na última etapa de manufatura e que avaliarão se o produto está apto a ser inserido num cenário de *postponement*.

Assim, o próximo capítulo buscará apresentar um conjunto de ferramentas, indicando em quais etapas do desenvolvimento do produto estas ferramentas devem ser utilizadas, de maneira a incluir o *Postponement* de Forma como fator primordial no processo de projeto.

CAPÍTULO 3 - FERRAMENTAL

A fundamentação teórica apresentada no Capítulo 2 mostrou pontos importantes, no que se refere aos produtos, para que estes possam ser desenvolvidos para ser facilmente inseridos dentro de um cenário de *postponement*. Entre os pontos apresentados, destacam-se a arquitetura modular do produto e a facilidade/agilidade da última etapa de montagem deste produto, de acordo com a seção 2.2.2.

Para a construção de uma sistemática que considere o *postponement*, torna-se necessário pesquisar as ferramentas adequadas, tendo como objetivo a identificação e agregação ao produto em desenvolvimento, dos aspectos que o tornarão possível de ser inserido num cenário de aplicação do *postponement* de forma.

Considerando-se o objetivo deste trabalho e o ferramental teórico já abordado, as etapas adequadas para se trabalhar os aspectos do produto que viabilizarão sua inserção num cenário de *postponement* de forma, no desenvolvimento de produtos, são as etapas do projeto informacional e do projeto conceitual.

3.1 Ferramentas do Projeto Informacional

Nesta seção serão abordadas as ferramentas, utilizadas na fase do projeto informacional, dentro do processo de desenvolvimento de produtos, que são importantes para agregar ao projeto em desenvolvimento os aspectos necessários para que sua montagem final possa ser postergada com sucesso.

3.1.1 Determinação do Grau de Importância dos Requisitos de Projeto

A determinação do grau de importância dos requisitos de projeto, sob a ótica dos clientes, é necessária, pois ajudará na definição do relacionamento desses requisitos com as características do produto que o cliente deseja customizar.

Portanto, é necessário um método estruturado como o diagrama de Mudge para determinar uma hierarquia entre os requisitos de projeto baseando-se numa análise comparativa, analisando em pares o grau de importância que melhor define a relação entre um requisito e outro, sob a ótica do cliente final.

Neste trabalho será utilizada a abordagem de Csillag (1995) para a determinação do grau de importância entre os requisitos do projeto. Esta técnica inicia-se relacionando o requisito “A” com o requisito “B”, de acordo com Silva (2007), onde pode-se determinar o grau de importância através das seguintes perguntas “Qual é o requisito mais importante “A” ou “B” e em que grau um requisito é mais importante que o outro? Conforme demonstra a Figura 3.1.

Peso	Requisito do projeto
1	O requisito A é ligeiramente mais importante que B ou quando é necessário.
3	O requisito A é considerado moderadamente mais importante que B.
5	O requisito A é considerada muito mais importante que B.

Figura 3.1 - Pontuação no Diagrama de Mudge (SILVA, 2007).

A construção do diagrama de Mudge acontece comparando o requisito “A” com o requisito “B”, com o requisito “C”, “D” e posteriormente, comparando o requisito “B” com o requisito “C”, com “D” e assim por diante até que todos os requisitos tenham sido individualmente comparados e avaliados, conforme ilustra Figura 3.2.

	Requisitos do Projeto	A	B	C	D	Total	Total %
A	Requisito A	x					
B	Requisito B		x				
C	Requisito C			x			
D	Requisito D				x		
					Total		100

Figura 3.2 - Modelo do diagrama de Mudge.

Para finalizar a análise, somam-se os pesos dados para cada requisito na coluna total, e na coluna total %, calcula-se o percentual que determina o grau de importância de cada requisito do projeto, dividindo-se o somatório do peso do requisito pelo total do somatório de pesos de todos os requisitos.

3.2 Ferramentas do Projeto Conceitual

Nesta seção serão abordadas as ferramentas, utilizadas na fase do projeto conceitual, dentro do processo de desenvolvimento de produtos, que são importantes para agregar ao produto em desenvolvimento os aspectos necessários para que sua montagem final possa ser postergada com sucesso.

3.2.1 Método FAST

Para tornar claro o conceito, função é a finalidade ou o motivo da existência de um determinado item ou parte de um item. (CSILLAG, 1995)

Para definir e organizar as funções dos componentes do produto, que devem estar de acordo com os requisitos do projeto, optou-se por utilizar os conceitos da análise de valor, através da ferramenta de diagramação FAST – *Functional Analysis System Technique* (Técnica de Análise Funcional de um Sistema). Optou-se por esta ferramenta, pois ela possibilita um entendimento claro das funções do produto, mostrando as interações entre estas, o que é fundamental para a construção de uma arquitetura modular, que é uma das características que facilitam a postergação da montagem final do produto.

Esta ferramenta foi desenvolvida por Charles Bytheway, representando um grande avanço na otimização de produtos e projetos e pode ser considerada a ferramenta da análise de valor que melhor possibilitou a identificação de funções. (BASSO, 1991)

Para que a utilização dessa técnica tenha sucesso, é fundamental o conhecimento de todos os relacionamentos entre os requisitos do projeto. Para Basso (1991), o FAST é uma técnica de diagramação e consiste em um processo de identificação lógica e organizada, com visualização do inter-relacionamento das funções necessárias de um produto, as quais devem ser cumpridas para que se atinja o propósito do projeto.

O processo de análise da diagramação FAST, situa-se no entendimento que as funções expressam. Identificam-se as funções que são expressas por um verbo (ação) no infinitivo e um substantivo (objeto) que sofre uma ação. A resultante dessa composição produz um diagrama composto pelas funções integradas de uma forma lógica, que reside na determinação e estruturação de questões e respostas lógicas, conforme ilustra a Figura 3.3.

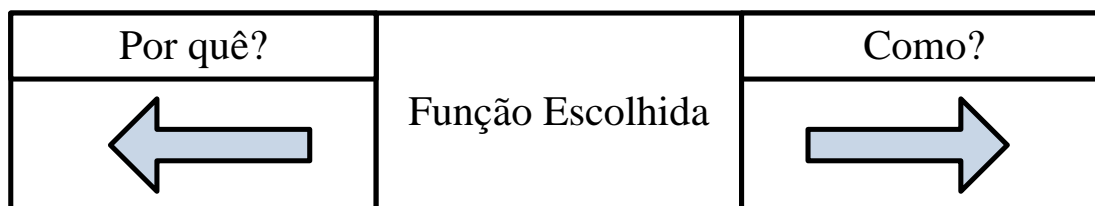


Figura 3.3 - Princípio Básico do Diagrama FAST (SILVA, 2007).

A ferramenta FAST baseia-se no caminho crítico, o processo é composto por aquelas funções que devem ser executadas para atingir a função básica. Verifica-se, por meio de leitura horizontal, da esquerda para a direita, a funcionalidade do produto ou objeto, induzindo à busca de soluções alternativas de modo a reduzir o nível de oportunidades e; da direita para a esquerda, a sua integração sistêmica, a qual procura motivos que justifiquem o pensamento lógico adotado na etapa anterior, de forma a proporcionar um nível mais alto de oportunidades e abstração. (SILVA, 2007)

Questionando-se como e por quê cada função pode ou deve ser executada, ao mesmo tempo observa-se que, verticalmente, se estabelece uma relação de quando as funções do sistema podem ocorrer, identificando assim as suas interações.

O ponto de partida dessa técnica é a determinação da função técnica total do produto (função básica) a ser projetado, que pode ser observada na estrutura original do diagrama FAST proposto por Charles Bytheway, conforme ilustra a Figura 3.4.

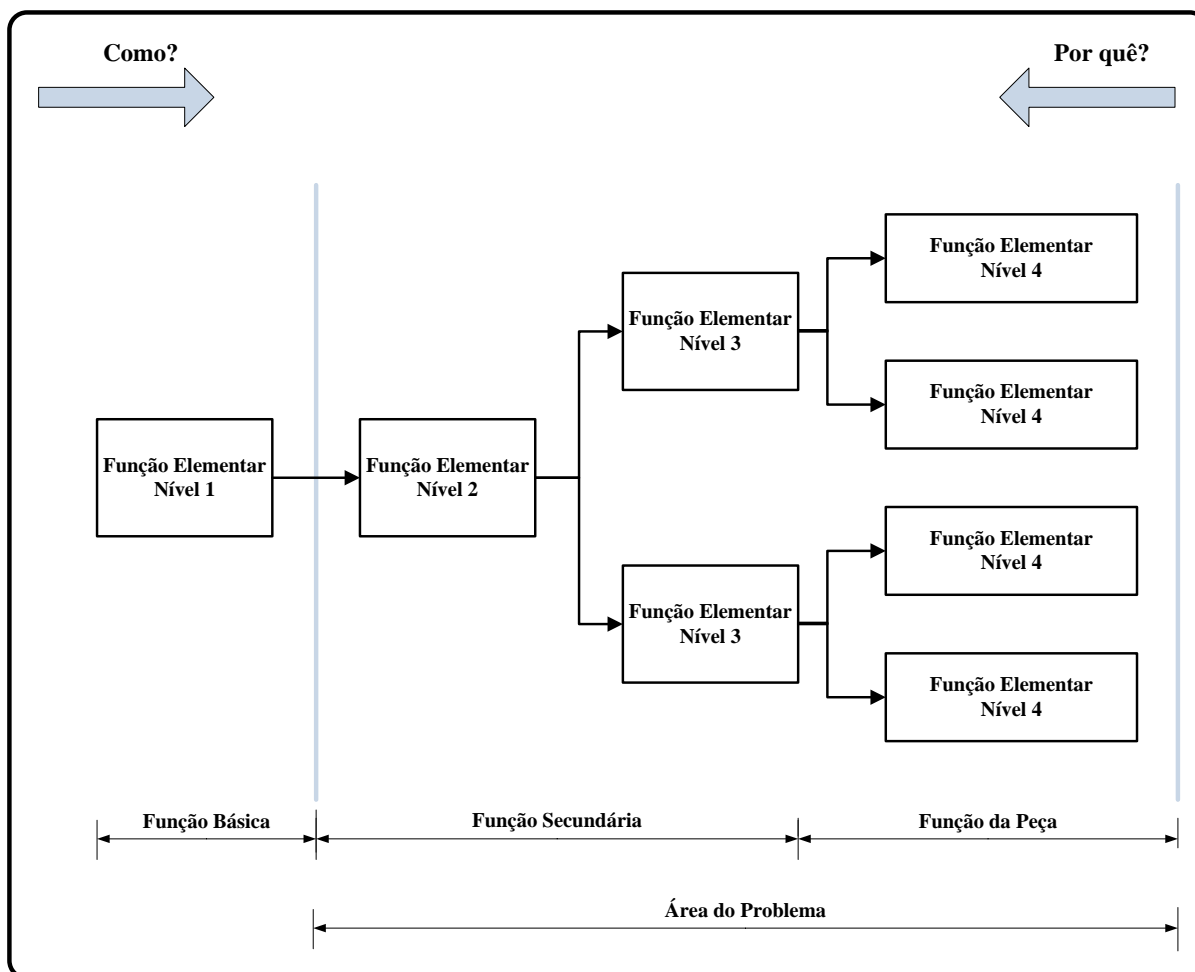


Figura 3.4 - Estrutura Original Diagrama FAST (SILVA *apud* BASSO, 1991).

A utilização do método FAST possibilita a percepção e hierarquização das funções do produto, o que é fundamental na construção de uma arquitetura modular, e a subsequente identificação dos módulos diferenciados, e/ou opcionais, que deverão ter sua montagem final postergada.

Com a finalização da atividade de análise funcional, com as funções dos componentes dos produtos identificadas, parte-se então para identificação de quais funções, ou grupo de funções, podem se tornar módulos do produto a ser desenvolvido.

3.2.2 Matriz Indicadora de Módulos - MIM

Para facilitar a identificação e definição dos módulos de um determinado produto, optou-se pela utilização da MIM, Matriz Indicadora de Módulos ou *Module Indication Matrix*. Esta ferramenta indica quais são os possíveis módulos de um produto, tomando como base a análise funcional e também diretrizes de modularização, que foram desenvolvidas e publicadas por Erixon, Von Yxkul e Arnström em 1996.

Dentre as outras ferramentas de modularização presentes na literatura, optou-se por esta pois seu entendimento é fácil, podendo ser mais facilmente aplicada, e também por tratar-se de uma análise de relacionamento, similar a realizada nas outras ferramentas apresentadas no Capítulo 3 deste trabalho.

Essas diretrizes de modularização podem ser entendidas como as razões para se modularizar um produto e são apresentadas na Figura 3.5.

Diretrizes	Finalidade	Explicação
Desenvolvimento de produtos	Multiaplicativo (“Carry-Over”)	Uma função pode ser um módulo separado em que a solução tecnológica atual poderá ser levada para uma nova geração ou família de produtos.
	Evolução tecnológica	Uma função pode ser um módulo único se essa possuir uma tecnologia que será alterada no seu ciclo de vida.
	Planejamento de alteração de projeto	Uma função pode ser um módulo separado se essa possuir características que serão alteradas segundo um plano.
Variação	Especificação técnica	Poderão ser concentradas alterações para se conseguir variantes em um módulo.
	Estilo	Função pode ser um módulo separado se essa for influenciada por tendências e modas de tal maneira que as formas e/ou as cores tenham de ser alteradas.
Fabricação	Unidade comum	Uma função poderá ser separada em um módulo se essa possuir a mesma solução física em todos os produtos variantes.

Diretrizes	Finalidade	Explicação
	Processo e organização	<ul style="list-style-type: none"> – razões para separar uma função em um módulo; – ter uma tarefa específica em um grupo; – encaixar-se no conhecimento tecnológico da empresa; – possuir uma montagem pedagógica; – ter um tempo de montagem que difere extremamente dos outros módulos.
Qualidade	Testes em separado	Uma função poderá ser separada em um módulo quando essa função puder ser testada separadamente.
Aquisição	Compra de produtos prontos	Uma função que pode ser tratada como uma caixa preta causa redução dos custos logísticos.
Após estar no mercado	Manutenção e manutenibilidade	Manutenções e reparos podem ser facilitados se uma função ficar bem em um módulo separado.
	Atualização	Se for necessário, pode ser facilitada se a função a ser atualizada for um módulo.
	Reciclagem	Isto pode ser uma vantagem para concentrar materiais poluentes ou recicláveis em um mesmo módulo ou em módulos separados, conforme o caso.

Figura 3.5 - Diretrizes de modularização (ROZENFELD *et al.*) apud (ERIXON, VON YXKULL e ARNSTRÖM, 1996).

Como apontado na diretriz de variação, pode-se concentrar alterações de especificação em determinados módulos, para se conseguir módulos diferenciados, que no caso do *postponement* de forma, devem ser montados na última etapa de manufatura.

As diretrizes são critérios que consideram as características de todo o ciclo de vida do produto, num processo de análise semelhante ao do QFD, em que se confrontam essas diretrizes com as funções definidas do produto, atribuindo-se valores a cada relacionamento. (ROZENFELD, *et al.* 2006)

Para a realização deste processo de análise, utiliza-se a Matriz Indicadora de Módulos ou *Module Indication Matrix*, apresentada na Figura 3.6.

Diretrizes de modularização	Desenvolvimento de Produtos	Multi-aplicativo (Carry-over)	Fraca Relação (1 ponto)	<input type="radio"/>	Função 1	Função 2	Função 3	Função 4	Função 5				
		Evolução Tecnológica			Média Relação (3 pontos)	<input checked="" type="radio"/>							
		Alteração de Projeto									Forte Relação (5 pontos)	<input checked="" type="radio"/>	
	Variação	Especificação Técnica											
		Estilo											
	Fabricação	Unidade Comum											
		Processo e Organização											
	Qualidade	Testes em separado											
	Aquisição	Compra de Produtos Prontos											
	Após estar no Mercado	Manutenção e Manutenibilidade											
		Atualização											
		Reciclagem											
		Σ											
		Classificação											

relacionamento com uma determinada diretriz. Vale salientar que os resultados dessa ferramenta indicam os possíveis módulos do produto, sendo que essa definição dos módulos pode ser influenciada ainda por fatores externos aos considerados pela ferramenta e até por próprias restrições impostas pelos requisitos de projeto.

Portanto, com a apresentação da ferramenta que será utilizada na identificação dos módulos do produto finalizada, se apresentará agora a ferramenta a ser usada na atividade de compartilhamento dos módulos que portam as funções correspondentes aos requisitos do projeto.

3.2.3 Matriz da Modularidade

O compartilhamento dos módulos entre as variantes de produto pode ser uma tarefa um pouco complexa de se visualizar, no que se refere ao próprio processo de compartilhamento.

Para lidar com esse problema da visualização do compartilhamento dos módulos, Dahmus, Gonzalez-Zugasti e Otto (2001) propõem a utilização da *Modularity Matrix*, ou Matriz da Modularidade. Nessa matriz, as funções do produto são inseridas nas linhas e as variantes do produto, que irão compor a família, são inseridas nas colunas. Nas células são inseridos os requisitos do projeto, com suas especificações que podem ser diferentes entre as variantes do produto, relacionados com as respectivas funções que os representam.

Os módulos de cada variante de produto são indicados com “caixas” contornando as células enquanto que os módulos compartilhados entre as variantes são indicados com o “sombreamento” das células. Segue o modelo da matriz da modularidade na Figura 3.7.

Produtos Funções	Variante de Produto 1	Variante de Produto 2	Variante de Produto 3	Variante de Produto 4	Variante de Produto 5
Função 1	Requisito 11 Especificação 11	Requisito 11 Especificação 11	Requisito 11 Especificação 11	Requisito 11 Especificação 11	Requisito 11 Especificação 11
Função 2	Requisito 21 Especificação 21	Requisito 22 Especificação 22	Requisito 23 Especificação 23	Requisito 24 Especificação 24	Requisito 25 Especificação 25
Função 3	Requisito 31 Especificação 31	Requisito 32 Especificação 32	Requisito 33 Especificação 33	Requisito 34 Especificação 34	Requisito 35 Especificação 35
Função 4	...	...	...	...	...
Função 5	...	...	...	...	...
Função 6	Requisito 61 Especificação 61	...	...	...	Requisito 65 Especificação 65

Figura 3.7 - Matriz da modularidade (adaptado de DAHMUS, GONZALEZ-ZUGASTI e OTTO, 2001).

De acordo com Dahmus, Gonzalez-Zugasti e Otto (2001), a abordagem consiste em primeiro se definir os módulos do produto individualmente, o que neste trabalho será feito através da MIM, para depois se identificar quais serão os módulos padronizados, presentes em todas as variantes dos produtos com as mesmas especificações; os módulos diferenciados, presentes em todas as variantes, porém com especificações diferentes; e os módulos opcionais, que podem ser adicionados as variantes do produto.

A maneira como as especificações de um produto são compatíveis define o quão bem este produto funcionará. Já a maneira como uma função tem os mesmos requisitos estabelecidos nas diferentes variantes de produto que compõem uma família definirá o quão bem os módulos podem ser compartilhados. (DAHMUS, GONZALEZ-ZUGASTI e OTTO, 2001)

É importante ressaltar que com o compartilhamento de um mesmo módulo entre diversos integrantes de uma família de produto, o cuidado ao se realizar uma alteração deverá ser maior, pois esta repercutirá em todos os produtos. Nessa situação, a matriz ajudará a visualizar quais as variantes do produto e quais as funções que serão afetadas por tal alteração.

Esse compartilhamento de módulos ajudará a manter a economia de escala na produção dos produtos, nas etapas anteriores a montagem final do produto.

Ao final dessa atividade, se tem uma prévia da arquitetura da família de variantes do produto, porém esta ainda precisa ser avaliada quanto aos efeitos da variedade de especificações de seus módulos.

3.2.4 *Attribute-module Matrix*

Compartilhar um mesmo módulo entre diferentes variantes de um produto implica em uma análise de como essa variedade afetará os módulos. As decisões tomadas nas fases iniciais do projeto, como na fase do projeto conceitual, têm um grande impacto nas atividades subsequentes e, portanto, é necessário um método estruturado que incorpore os requisitos customizados dos consumidores dentro da arquitetura de uma família de produtos para que esta se torne flexível e suporte variações. (ZHUO, SAN e SENG, 2008)

Para fazer essa avaliação, será usada a ferramenta *Attribute-module Matrix*, Matriz de Módulos e Especificações, em português, publicada pelos autores Zhuo, San e Seng em 2008, que propõem um índice de variedade (IV) que estima os efeitos da variedade dos módulos na arquitetura do produto, ainda nas fases iniciais do projeto. Para conceber esta ferramenta, os

autores se basearam nos seguintes domínios para resolver o problema: consumidor, funcional, físico e processo.

O objetivo desta ferramenta é avaliar os efeitos da variedade de especificações na arquitetura do produto, servindo para avaliar se ela está muito flexível, com excesso de variedade, o que pode reduzir os ganhos com economias de escala, ou se está muito rígida, o que fará com que a arquitetura do produto não contemple as diferentes necessidades dos consumidores.

Esse equilíbrio entre flexibilidade e padronização da arquitetura, durante o processo de desenvolvimento do produto, é fundamental para que este tenha um bom desempenho ao ter sua montagem final postergada.

Para desenvolver esta ferramenta, os autores mapearam o processo entre os domínios, ilustrado na Figura 3.8, e também modelaram matematicamente o problema, em termos de vetores de características que definem os objetivos e as soluções para o projeto do produto.

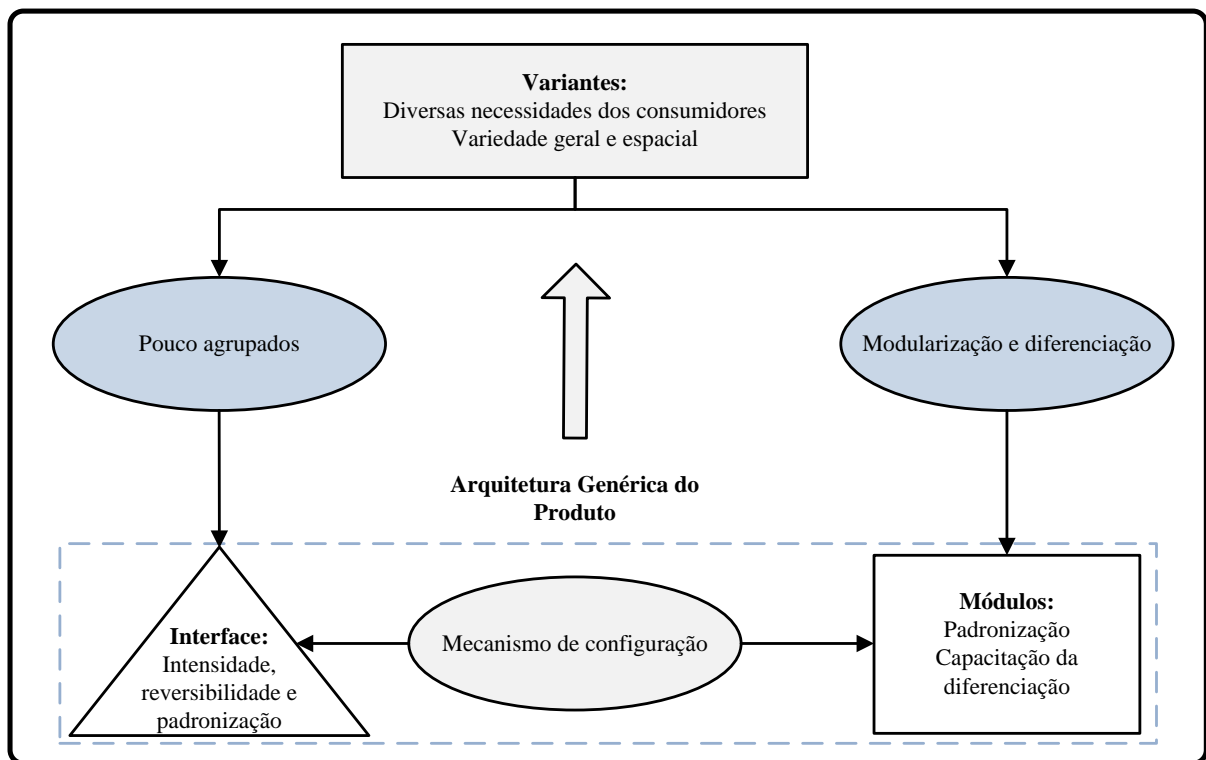


Figura 3.8 - Processo de influência da variedade na arquitetura do produto (ZHUO, SAN e SENG, 2008).

O relacionamento entre os domínios do consumidor e o funcional, pode ser descrito como:

$$\{M\} = \{C\}[AMM] \quad (1)$$

Onde $C = [C1, C2, \dots, Cn]$ é o vetor das especificações-meta dos requisitos do projeto no domínio do consumidor com um número finito de níveis para cada especificação, e $M = [M1, M2, \dots, Mp]$ é o vetor dos módulos conceituais no domínio funcional. $[AMM]$ é a *attribute-module matrix* que caracteriza a relação entre as especificações dos requisitos do projeto no domínio do consumidor e os módulos conceituais no domínio funcional. Se uma especificação do produto é implementada ou afetada por um ou mais módulos, existirá um relacionamento entre esta especificação e os módulos correspondentes. A AMM possui a seguinte forma:

$$AMM = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{1i} & a_{1p} \\ a_{j1} & a_{ji} & a_{jp} \\ a_{n1} & a_{ni} & a_{np} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$(i = 1, \dots, p) \text{ e } (j = 1, \dots, n)$

Usualmente os produtos são lançados em mercados que possuem diferentes níveis dentro da dimensão das especificações do produto, que geralmente resulta na oferta de diferentes produtos. Quando os vários requisitos (ΔC) ocorrem no domínio do consumidor, a variação irá se espalhar pelo domínio funcional e gerar a variação da configuração dos módulos $\{\Delta M\}$. Esse processo de customização pode ser escrito como:

$$\{\Delta M\} = \{\Delta C\}[AMM] \quad (3)$$

A partir daqui, desenvolve-se um indicador para mapear a variação, denominado índice de variedade (IV).

Esse indicador que servirá de base para se avaliar o equilíbrio entre padronização e flexibilidade na arquitetura do produto. O processo de criação deste índice assemelha-se ao QFD (*Quality Function Deployment*) no que se refere ao relacionamento entre requisitos do projeto e as características do produto. O IV transfere a variação dos requisitos dos consumidores para os elementos da arquitetura do produto. (ZHUO, SAN e SENG, 2008)

O vetor da família de produtos é um conjunto de variantes $V = [V1, V2, \dots, Vp]$ com um determinado nível de customização para cada especificação do produto $C = [C1, C2, \dots, Cm]$. Assim, o IV pode ser representado como $IV: (\Delta C) \rightarrow (\Delta M)$, onde ΔC

$= [\Delta C1, \Delta C2, \dots, \Delta Cn]$ é a variedade de especificações e $\Delta M = [\Delta M1, \Delta M1, \dots, \Delta Mp]$ é a variedade de módulos. Através do módulo k , o IV pode ser matematicamente representado como:

$$IV_k = \sum a_{jk} \Delta c_j w_j \quad (4)$$

Onde w_j é o peso relativo da especificação j que normaliza a preferência dos consumidores pelas especificações. No modelo proposto pelos autores Zhuo, San e Seng (2008) as preferências por diferentes especificações são pontuadas por projetistas experientes, numa escala percentual.

Para todos os módulos, o IV pode ser representado através de uma forma matricial que segue:

$$\begin{Bmatrix} \Delta M1 \\ \Delta M2 \\ \Delta Mn \end{Bmatrix} = \{\Delta C1w1, \Delta C2w2, \dots, \Delta Cnw_n\} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{1i} & a_{1p} \\ a_{j1} & a_{ji} & a_{jp} \\ a_{n1} & a_{ni} & a_{np} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$(i = 1, \dots, p) \text{ e } (j = 1, \dots, n)$

O IV é um índice simples que permite fazer a análise do nível da variedade na arquitetura conceitual do produto. Serve de base para a equipe de desenvolvimento do produto focar os esforços nos aspectos mais críticos da arquitetura da família do produto, para torná-la flexível apenas onde necessário, evitando o excesso de flexibilidade e variedade de módulos que pode prejudicar as economias de escala na fabricação do produto, dentro de uma aplicação do *postponement* de forma.

Entretanto, este método não isenta a empresa de realizar uma avaliação estratégica da plataforma de produtos para se avaliar onde esta pode ser desenvolvida levando-se em conta os fatores econômicos e a viabilidade tecnológica. (ZHUO, SAN e SENG, 2008)

Através da coleção de especificações do produto, pode-se utilizar a equação 6, demonstrada na seqüência, para se estimar o grau de variedade da especificação de um requisito do projeto que é a fonte que proverá a variedade.

$$[\Delta c_j, j = 1, 2, \dots, n] = \begin{cases} (N_j - 1)/m \\ 0 \end{cases} \quad (6)$$

Onde Δc_j é o grau de variedade j para uma especificação do produto, N_j é o número de níveis ofertados para uma especificação do produto j e m é o número de variantes oferecidas na família de produtos.

Para estimar o grau de relacionamento entre uma especificação do produto e um módulo conceitual, os autores Zhuo, San e Seng (2008) sugerem a seguinte classificação ilustrada na Figura 3.9.

Classificação	Descrição
9	Existe uma relação crucial entre a especificação e o módulo.
6	Existe uma forte relação entre a especificação e o módulo.
3	Existe uma relação moderada entre a especificação e o módulo.
1	Existe uma fraca relação entre a especificação e o módulo.
0	Não existe relação entre a especificação e o módulo.

Figura 3.9 - Tabela de Classificação do IV (ZHUO, SAN e SENG, 2008).

Neste trabalho, porém, se utilizará os graus de relacionamentos determinados na matriz de correlação entre requisitos e módulos, considerando que cada requisito do projeto tem sua especificação correspondente, que será apresentada posteriormente no Capítulo 4.

Imaginar o quanto um determinado módulo será alterado por uma mudança de especificação ajuda a estimar a nota da especificação. Se uma pequena mudança de especificação provocar uma grande alteração no módulo, este módulo tem uma grande sensibilidade à mudança desta especificação e, portanto a nota da especificação será 9. Segue, na Figura 3.10 a AMM (*Attribute-Module Matrix*).

Módulos	Especificações do Requisitos do Projeto				IV
	Especificação 1	Especificação 2	Especificação 3	Especificação 4	
Módulo 1					
Módulo 2					
Módulo 3					
Nota da Especificação					
Peso da especificação (w)					
Grau de variedade (ΔC)					

Figura 3.10 - AMM (Attribute-Module Matrix) (adaptado de ZHUO, SAN e SENG, 2008).

Tradicionalmente, o projeto de um produto individual consiste em se capturar as necessidades dos clientes e transformá-las num projeto de engenharia. No entanto o desenvolvimento de uma família de variantes de produto envolve o projeto de uma série de produtos semelhantes em sincronia. Isto obriga os projetistas a entenderem e avaliarem os efeitos que a variedade das necessidades dos consumidores provocam na arquitetura do produto na fase do projeto conceitual. Portanto é importante avaliar e quantificar as variações da arquitetura do produto depois de se definir os módulos conceituais deste. (ZHUO, SAN e SENG, 2008)

Portanto, o índice IV servirá para medir o nível de variedade de especificações de um determinado módulo. Se este for um módulo padronizado entre as variantes do produto, seu IV deve ser mais baixo. Se for um módulo diferenciado, específico em cada variante, seu IV deve ser mais alto. O mesmo raciocínio se aplica aos módulos opcionais.

Após a atividade de avaliação da arquitetura da família de produtos no que se refere à variedade de especificações dos módulos do produto, é necessário avaliar a agilidade para montar esses módulos na montagem final do produto.

3.2.5 Indicadores PTT e ATM

É importante que a última etapa de montagem do produto seja rápida e fácil de ser feita para que esta não se torne um “gargalo” na produção da empresa, num cenário de aplicação do *postponement* de forma.

Pela avaliação da característica “facilidade de montagem” estar atrelada a percepção, neste trabalho optou-se por se utilizar a “agilidade da montagem”, pois esta pode ser precisamente quantificada pela medição do tempo de ciclo de montagem, o que garantirá uma melhor avaliação.

Assim, é necessário avaliar se os módulos diferenciados e opcionais do produto em desenvolvimento poderão ser rapidamente montados na etapa final de montagem.

Para se fazer esta análise, é necessária uma estimativa dos tempos de ciclo de montagem dos módulos. Existem diversas técnicas para se realizar estas estimativas difundidas na literatura, dentre as mais conhecidas estão o MTM e a Cronoanálise. Como a determinação de tempos de ciclo de montagem não está no escopo do trabalho, partiremos do princípio que estes tempos já foram estimados adequadamente.

Em seu livro *Aprendendo a Enxergar*, Rother e Shook (2000) apresentam a TAV (Taxa de Agregação de Valor) que é uma métrica utilizada para se medir qual o percentual do *Lead Time* do produto que realmente é gasto no processamento dos componentes e dos módulos deste produto. Entendendo-se como *Lead Time* o tempo de atravessamento total do produto dentro da fábrica, desde o recebimento de sua matéria-prima até a expedição, segue a Equação 7 que ilustra o cálculo da TAV:

$$TAV = \frac{\text{tempo processamento}}{\text{lead time}} \quad (7)$$

Na atual literatura existente sobre *Postponement* e Customização em Massa, não se encontrou uma ferramenta similar que faça o mesmo tipo de análise. Por isso, neste trabalho, serão propostos dois indicadores de avaliação, que seguem o mesmo princípio da TAV, proposta por Rother e Shook, porém com objetivos diferentes. O primeiro denominado PTT (Participação no Tempo Total) e o segundo denominado ATM (Aderência ao Tempo Médio).

3.2.5.1 PTT - Participação no tempo total

O objetivo deste indicador é medir qual a participação do tempo de montagem de cada módulo dentro do tempo de montagem total do produto. Esta medida se justifica para avaliar se os módulos mais demorados para se montar do produto são os módulos diferenciados/opcionais.

O cálculo será feito através da divisão do tempo de ciclo de montagem do módulo pelo tempo total de montagem do produto, que será o somatório do tempo de ciclo de montagem de todos os módulos, como ilustrado na Equação 8:

$$PTT = \frac{\text{tempo ciclo módulo}}{\text{tempo ciclo total produto}} \quad (8)$$

Sugere-se para um melhor entendimento, que os tempos sejam apresentados em segundos (s) e o resultado final do indicador em percentual (%).

3.2.5.2 ATM - Aderência ao tempo médio

O objetivo deste indicador é medir o quão próximo o tempo de montagem de um determinado módulo está do tempo médio de montagem dos módulos do produto. Esta medida se justifica para avaliar se a postergação da montagem final dos módulos diferenciados e opcionais do produto pode vir a se tornar um “gargalo” na produção deste.

O cálculo será feito através da divisão do tempo de ciclo de montagem do módulo pelo tempo médio de montagem dos módulos do produto, que será a média simples do tempo de ciclo de montagem dos módulos, como ilustrado na Equação 9:

$$ATM = \frac{\text{tempo ciclo módulo}}{\text{tempo médio ciclo módulos}} \quad (9)$$

Sugere-se para um melhor entendimento, que os tempos sejam apresentados em segundos (s) e o resultado final do indicador em percentual (%).

3.2.5.3 Tabulação dos resultados do PTT e do ATM

Para tabulação dos resultados finais do PTT e do ATM, sugere-se a planilha ilustrada pela Figura 3.11, onde se mostra um exemplo hipotético de aplicação dos indicadores e da planilha.

Módulos	Tempo de Ciclo de Montagem (s)	PTT (%)	ATM (%)
módulo 1	25	21%	104%
módulo 2	30	25%	125%
módulo 3	10	8%	42%
módulo 4	20	17%	83%
módulo 5	35	29%	146%
Total (s)	120		
Média (s)	24		

Figura 3.11 - Tabulação dos resultados de PTT e ATM.

Com os resultados do PTT e do ATM tabulados, pode-se fazer uma análise consistente da agilidade da montagem dos módulos do produto, que terão sua montagem final postergada, podendo-se comparar estes com os demais módulos do produto. Ao final desta atividade, está finalizada a definição da arquitetura do produto. Falta, porém, avaliar o alinhamento do produto, englobando o mercado e a cadeia de produção, com a estratégia de *postponement* de forma.

3.2.6 Modelo da Análise de Perfil

Para auxiliar as empresas a verificar o alinhamento do seu produto, mercado e de sua cadeia de produção com um determinado tipo de *postponement*, Pagh e Cooper (1998) desenvolveram a Análise de Perfil. Esta ferramenta posiciona o produto e a empresa dentro dos tipos de *postponement*, utilizando para tal, características do produto, do mercado e da cadeia de produção que segundo os autores, são as características que definem ou não a necessidade de aplicação do *postponement*/especulação. De acordo com Cunha (2002), para cada grupo de características, Pagh e Cooper (1998) definiram um conjunto de determinantes de decisão.

Para as características do produto, foram definidos os seguintes determinantes de decisão:

- ciclo de vida: o estágio e o próprio ciclo de vida são importantes. Ao longo da introdução, do crescimento, da maturação e declínio do produto, alterações na cadeia de produção dos produtos precisam ser feitas. Para Pagh e Cooper (1998), o foco nos dois primeiros estágios deve ser o serviço ao consumidor, sendo que algum nível de antecipação da manufatura e logística seria apropriado. Nos dois estágios finais, uma prática que minimizasse os riscos e incertezas seria a mais adequada;
- densidade monetária e perfil de valor: densidade monetária é a razão entre o valor do produto e seu peso. Produtos de alta densidade monetária têm alto custo de estocagem e, portanto, a postergação das operações finais de montagem e logística podem trazer benefícios. O perfil de valor está relacionado com aumento do valor do produto ao longo da cadeia de produção. Se a maior proporção do valor final do produto é agregada nas operações finais de montagem ou logística, pode-se presumir que o *postponement* trará resultados positivos se aplicado nessas etapas;
- características de projeto do produto: como já apresentado no capítulo 2, a padronização e a modularização dos componentes do produto facilitam a aplicação do *postponement*. Em linhas não muito amplas, de produtos com poucas variações, deve-se aplicar a especulação. No caso oposto, o *postponement* total seria mais adequado.

Para as características do mercado, foram definidos os seguintes determinantes de decisão:

- tempo de entrega relativo e frequência relativa de entrega: o primeiro refere-se a média de tempo de entrega ao consumidor e o segundo a média da frequência de entrega aos consumidores. Se os consumidores demandam alta frequência de entrega em prazos curtos, é interessante empregar algum nível de especulação na manufatura. Para a situação contrária, pode-se empregar um nível de postergação próximo ao *postponement* total;
- incerteza da demanda: se existe muita incerteza na demanda, o risco de se utilizar a especulação também é alto. A utilização de algum nível de *postponement* seria o ideal;

Para as características da cadeia de produção, foram definidos os seguintes determinantes de decisão:

- necessidade de economias de escala: se existe necessidade de se obter ganhos com economias de escala, algum nível de especulação pode ser benéfico.
- conhecimentos específicos: se houver a necessidade de conhecimentos específicos para executar os processos de montagem e de logística do produto, algum nível de especulação também será benéfico.

De acordo com Cunha (2002) todos os determinantes citados podem ser considerados ou não na Análise de Perfil. No entanto, é necessário que se mantenha um número adequado de determinantes para que não se prejudique a análise. Quanto mais pontos marcados dentro de um tipo de *postponement*, mais alinhados o produto, o mercado e a cadeia de produção estarão com este tipo, como ilustra Figura 3.12.

			TIPOS DE <i>POSTPONEMENT</i> /ESPECULAÇÃO			
			ESPECULAÇÃO	<i>POSTPONEMENT</i> DE FORMA	<i>POSTPONEMENT</i> DE LOGÍSTICA	<i>POSTPONEMENT</i> PLENO
PRODUTO	CICLO DE VIDA	ESTÁGIO	INTRODUÇÃO	CRESCIMENTO	MATURAÇÃO	DECLÍNIO
		VOLUME	BAIXO/MÉDIO	MÉDIO/ALTO	MÉDIO/ALTO	BAIXO/MÉDIO
		ESTRATÉGIA DE CUSTO/SERVIÇO	SERVIÇO	←————→		CUSTO
	CARACTERÍSTICAS	TIPO DE PRODUTO	PADRÃO	←————○————→		CUSTOMIZADO
		GAMA DE PRODUTOS	ESTREITA	←————○————→		AMPLA
		DENSIDADE MONETÁRIA	ESTÁGIOS INICIAIS	←————○————→		ESTÁGIOS FINAIS
	VALOR	PERFIL DE VALOR	BAIXA	BAIXA	ALTA	ALTA
		TEMPO DE ENTREGA RELATIVO	CURTO	←————○————→		LONGO
	MERCADO	FREQUÊNCIA DE ENTREGA	ALTA	←————○————→		MÉDIA/ALTA
		INCERTEZA DA DEMANDA	BAIXA	←————○————→		ALTA
CADEIA DE PRODUÇÃO		ECONOMIAS DE ESCALA	GRANDES	PEQUENAS	GRANDES	PEQUENAS
		CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS	SIM	NÃO	SIM	NÃO

Figura 3.12 - Modelo da Análise de Perfil (adaptado de PAGH e COOPER, 1998).

Pagh e Cooper (1998) enfatizam que para empresas que trabalham com mais de um tipo de família de produtos, em mais de um tipo de mercado, cada combinação se adequará melhor a um tipo de *postponement* e, portanto, cada caso deve ser analisado em separado.

Assim, a Análise de Perfil serve como um referencial de alinhamento entre a aplicação das práticas de *postponement*, na manufatura e logística da empresa, com as estratégias de customização adotadas, servindo de base para avaliar como futuras mudanças das características do produto, da cadeia de produção da empresa e do mercado afetariam essas estratégias e, conseqüentemente, refletiriam no tipo de *postponement* ideal a ser aplicado.

No caso deste trabalho, esta ferramenta servirá para analisar se o produto em desenvolvimento se enquadra dentro do *postponement* de forma, mostrando quais características estão mais e menos alinhadas com esse tipo de *postponement*. Servirá também

para mostrar quais são as características do mercado e da cadeia de produção necessárias para que o produto em desenvolvimento tenha sucesso num cenário de postergação da montagem final na empresa, avaliando também se atualmente a empresa detém essas características.

3.3 Considerações

Atendo-se ao objetivo do trabalho, o Capítulo 3 apresentou as ferramentas que são utilizadas nas etapas críticas do processo de desenvolvimento do produto, sob a ótica do *Postponement* de Forma, mostrando como essas ferramentas abordadas suportarão a solução do problema de pesquisa.

O diagrama de Mudge, que irá estruturar o processo de definição do grau de importância dos requisitos do projeto. Ajudará também no alcance do primeiro objetivo específico que é a definição dos requisitos do produto que devem ser individualizados e aqueles que devem ser generalizados nas variantes de produto, de acordo com as características do produto que o cliente deseja escolher.

O método FAST ajudará na definição das funções do produto, servindo de base para a definição dos módulos deste.

A matriz MIM, que ajudará na definição dos módulos dos produtos.

A matriz da Modularidade; que ajudará a visualizar o processo de compartilhamento de módulos, mostrando os módulos padronizados, os módulos diferenciados e os módulos opcionais entre as variantes do produto. Contribuirá também para o alcance do segundo objetivo específico que é a definição de uma sistemática para a determinação do número de variantes de um produto dentro de uma família.

A *Attribute-module Matrix*, que embasará a análise do nível da variedade de especificações na arquitetura da família de variantes do produto, servindo de base para o alcance do terceiro objetivo específico que é a identificação dos módulos que influenciam mais fortemente na flexibilidade da arquitetura do produto.

A avaliação da agilidade na montagem final do produto, que permitirá avaliar se os módulos que terão sua montagem final postergada não são os mais demorados e, se a montagem final destes não se tornará um gargalo na produção da empresa. Servirá também de base para o alcance do quarto objetivo específico que consiste na definição de critérios para avaliar se os módulos que serão escolhidos pelos clientes não dificultarão a etapa final de montagem do produto.

Por fim, a Análise de Perfil, que avaliará se as características do produto e também, do mercado e da cadeia de produção, se adéquam para uma aplicação do *postponement* de forma.

O detalhamento da aplicação do ferramental bem como a descrição de sua organização será abordado no Capítulo 4, onde se apresentará o modelo proposto para inserção e avaliação das características do produto, ao longo de seu processo de desenvolvimento, que o tornarão viável para a postergação da montagem final.

CAPÍTULO 4 - MODELO PROPOSTO

O modelo desenvolvido neste trabalho foi criado tomando por base o referencial teórico apresentado no Capítulo 2 e no Capítulo 3.

Portanto, o modelo consiste em uma sistemática que busca uma forma de agregar à família de variantes do produto em desenvolvimento os aspectos necessários para que esta se torne viável dentro de um cenário de aplicação do *Postponement* de Forma.

4.1 Apresentação Geral do Modelo

O modelo proposto é composto por 9 etapas, como ilustra a Figura 4.1. O passo inicial é a determinação do grau de importância dos requisitos do projeto. Após esta etapa, parte-se para a determinação do grau do relacionamento entre esses requisitos e as características do produto que a empresa deseja customizar.

Com estas informações, parte-se para a definição das funções do produto, através da análise funcional, que serve de base para se identificar quais são os módulos que deverão compor o produto final.

Com a definição dos módulos, segue-se para a determinação do grau do relacionamento entre os módulos do produto, com os requisitos de projeto que tem o mais forte relacionamento com as características do produto que o cliente deseja customizar, para se definir quais serão os módulos diferenciados e opcionais, que o cliente poderá escolher, e quais serão os módulos padronizados, presentes obrigatoriamente em todas variantes do produto.

A partir dessa determinação, segue-se para a definição dos módulos de cada variante do produto, sendo que os módulos padronizados estarão obrigatoriamente presentes, com as mesmas especificações, e os módulos diferenciados e opcionais serão definidos em cada variante.

Por fim, após o compartilhamento dos módulos, inicia-se a etapa de avaliação da arquitetura do produto sob a ótica da variedade de especificações dos módulos, sob a velocidade de montagem dos módulos diferenciados e opcionais e, por fim, sob o alinhamento das características do produto, do mercado e da cadeia de produção deste produto com o *Postponement* de Forma e, no caso de desalinhamento dessas características, identificação de quais características devem ser trabalhadas para se alinharem ao *Postponement* de Forma.

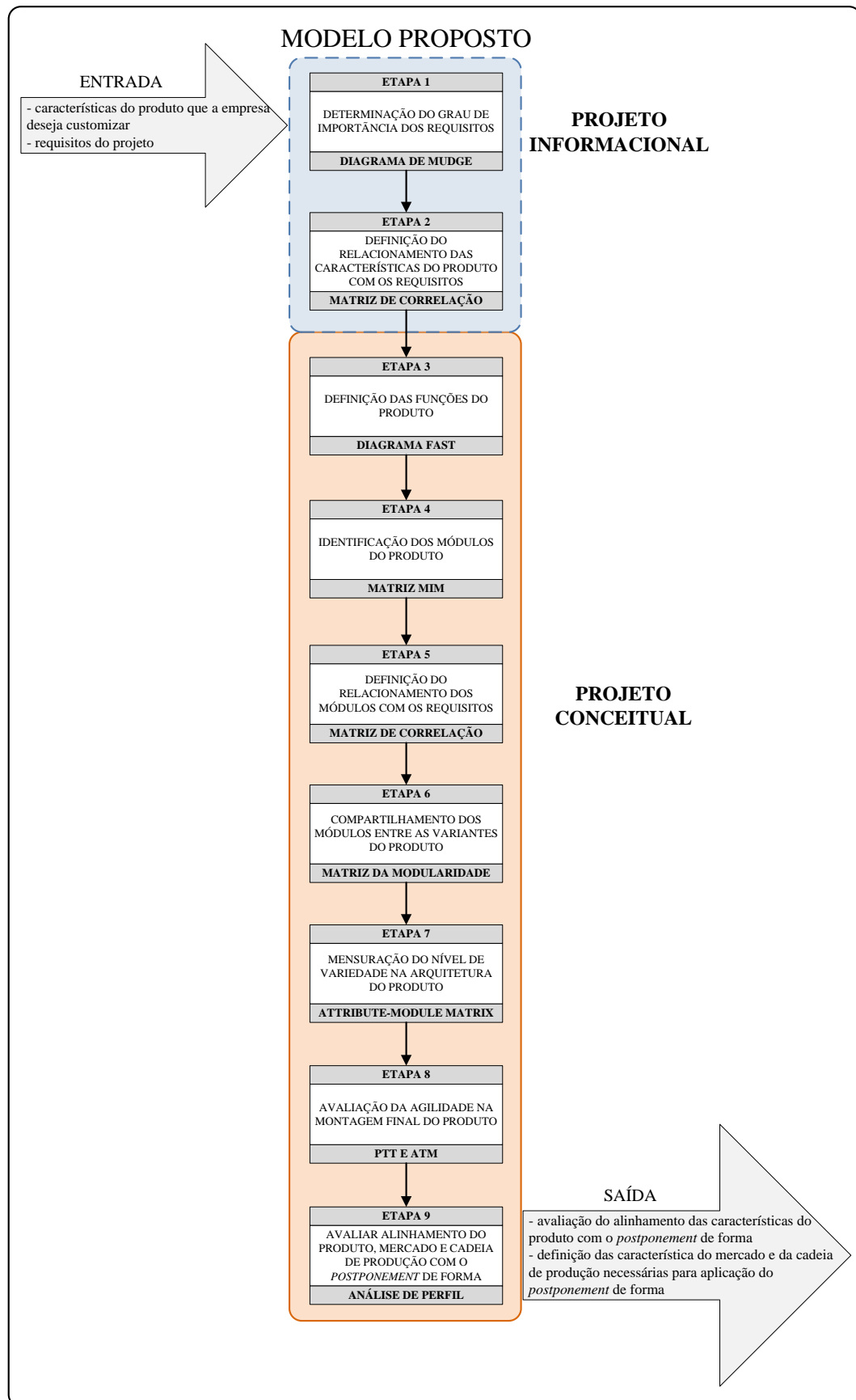


Figura 4.1 – Fluxograma de encadeamento das etapas do Modelo Proposto.

Na seqüência, serão detalhadas cada uma das etapas do modelo.

4.2 Descrição das Etapas do Modelo

Nesta seção serão detalhadas todas as etapas, procurando ressaltar o objetivo de cada etapa, quais são as entradas necessárias para sua execução, a quem cabe a responsabilidade de executá-la, a maneira de executá-la corretamente e quais são os resultados esperados de cada uma.

As entradas necessárias para o modelo em si, como já ilustrado na Figura 4.1, são a definição dos requisitos do projeto, que devem estar claros e bem definidos, e a definição das características do produto que a empresa deseja customizar.

4.2.1 Etapa 1 – Determinação do Grau de Importância dos Requisitos de Projeto

O objetivo desta etapa é determinar o grau de importância de cada requisito do projeto, servindo de base para determinação do grau de relacionamento entre esses requisitos com as características do produto que se deseja customizar. Para tal, será utilizado o diagrama de Mudge, já apresentado na seção 3.1.1.

A entrada necessária é uma listagem de requisitos de projeto que se pressupõe já ter sido definida numa atividade anterior do projeto informacional.

Para determinar o grau de importância relativo de cada requisito, sugere-se que o diagrama de Mudge seja aplicado numa reunião coordenada pelo gerente do projeto, onde este convocará os especialistas do time de desenvolvimento do produto para auxiliá-lo nesta tarefa. Para isto, deve-se seguir a seguinte seqüência de atividades:

- alocar os requisitos do projeto na sua respectiva coluna;
- iniciar a comparação individual dos requisitos, adotando a pontuação 1, 3 e 5;
- calcular o grau de importância dos requisitos do projeto;
- avaliar a coerência dos graus de importância dos requisitos.

Segue um exemplo de aplicação do diagrama de Mudge para uma lâmpada convencional na Figura 4.2. Por lâmpada convencional, entenda-se lâmpada incandescente, utilizada normalmente nos cômodos de casas e apartamentos residenciais.

	Requisitos do Projeto	A	B	C	D	Total	Total %
A	Ser resistente	x	A1	A3	A5	9	40,9
B	Suportar umidade		x	C3	B5	5	22,7
C	Fácil instalação			x	C5	8	36,4
D	Tamanho reduzido				x	0	0,0
Pontuação:					Total	22	100

5	Muito mais importante
3	Mais importante
1	Ligeiramente mais importante

Figura 4.2 - Exemplo de aplicação prática do diagrama de Mudge.

Após a comparação individual entre os requisitos, deve-se somar a nota final de cada requisito na coluna Total. Na sequência, somando-se as notas finais dos requisitos, se obtêm a nota total geral, que é mostrada na linha Total. Dividindo-se a nota total de cada requisito pelo total geral do produto, tem-se a importância relativa de cada requisito, em percentual, que é mostrada na coluna Total %.

Os requisitos com os maiores percentuais de importância são os que agregam maior valor ao produto, sob a ótica do cliente.

O resultado esperado dessa etapa é a definição dos graus de importância dos requisitos de projeto.

4.2.2 Etapa 2 - Definição do Relacionamento das Características do Produto com os Requisitos de projeto

O objetivo desta etapa é determinar o grau de relacionamento entre os requisitos de projeto com as características do produto que o cliente deseja customizar. Para isso, será utilizada uma matriz de correlação, semelhante a do método QFD. Esta etapa é fundamental para o sucesso do *postponement* de forma, pois servirá de base para identificação dos módulos diferenciados, que é abordada nas etapas 5 e 6.

As entradas necessárias são uma listagem dos requisitos de projeto, com seus graus de importância já devidamente determinados, e uma lista com as características do produto que o cliente deseja customizar, que se pressupõem já ter sido definida numa atividade anterior do projeto informacional.

Para determinar o grau de relacionamento entre os requisitos e as características do produto, sugere-se que a matriz de correlação seja preenchida e pontuada numa reunião coordenada pelo gerente do projeto, onde este convocará os especialistas do time de desenvolvimento do produto para auxiliá-lo nesta tarefa. Para isto, deve-se seguir a seguinte sequência de atividades apresentada posteriormente:

- alocar os requisitos do projeto na sua respectiva coluna;
- alocar as características que o consumidor deseja customizar na linha correspondente;
- definir o grau de relacionamento entre os requisitos e as características, adotando a pontuação 0, quando não houver relacionamento, 1 quando houver um fraco relacionamento, 3 quando houver um relacionamento moderado e 5 quando houver um forte relacionamento;
- avaliar a coerência dos graus de relacionamento;
- multiplicar os graus de relacionamento pelo grau de importância de cada requisitos.

Segue um exemplo de aplicação da matriz de correlação entre os requisitos de projeto e as características que o consumidor deseja customizar para uma lâmpada convencional na Figura 4.3.

Requisitos de Projeto	Tipo	Características do Produto		Peso Requisitos	% do Peso Requisitos Total
		Diferenciada	Diferenciada		
		Cor do Vidro	Forma do Vidro		
Ser resistente	40,9%	1	3	1,636	44,4%
		0,409	1,227		
Suportar umidade	22,7%	0	1	0,227	6,2%
		0	0,227		
Fácil instalação	36,4%	0	5	1,82	49,4%
		0	1,82		
Tamanho reduzido	0,0%	1	5	0	0,0%
		0	0		
Total	100,0%	x	x	3,683	100%

5	Forte relacionamento
3	Relacionamento moderado
1	Fraco relacionamento
0	Relacionamento inexistente

Figura 4.3 – Exemplo de aplicação prática da matriz de correlação entre os requisitos e características.

O tipo de característica do produto será inserido na linha tipo, sendo que será sempre qualificada como característica diferenciada, pois é uma das entradas do modelo. O grau de relacionamento deve ser marcado na célula superior da linha do requisito, no cruzamento entre o requisito e a característica, sendo que na célula inferior deve-se alocar o resultado da multiplicação entre o grau de relacionamento e o grau de importância do requisito. Na coluna “Peso Requisitos” deve-se fazer o somatório dos resultados dessas, sendo que na coluna “% do Peso Requisitos Total”, deve-se dividir o resultado obtido pelo requisito na coluna “Peso Requisitos”, pelo somatório do total desta mesma coluna, alocado no cruzamento desta com a linha “Total”.

O requisito “Tamanho reduzido”, apresentou “% do Peso Requisitos Total” zero, apesar disso, deve continuar sendo avaliado nas demais etapas, pois em futuras alterações de projeto, pode ser interessante saber o relacionamento desse requisito com os demais avaliados. Os requisitos de projeto com os maiores percentuais na coluna “% do Peso Requisitos Total” que são “Ser resistente” e “Fácil instalação” são os requisitos diferenciados. Portanto, são os requisitos que devem estar presentes nos módulos que terão sua montagem final postergada, sendo que a definição de quais são estes requisitos é o resultado final desta etapa.

4.2.3 Etapa 3 - Definição das Funções do Produto

O objetivo desta etapa é analisar funcionalmente o produto, identificando as funções do produto e de suas variantes. A ferramenta que será utilizada, já apresentada na seção 3.2.1, é o método FAST.

Sendo assim, esta etapa deve ser realizada na fase de projeto conceitual do produto, onde a entrada necessária para a execução desta etapa, a listagem de requisitos de projeto foi estabelecida previamente.

Sugere-se que esta ferramenta seja aplicada numa reunião coordenada pelo gerente do projeto onde este convocará os especialistas do time de desenvolvimento do produto para que as funções do produto sejam definidas. Para chegar à definição de todas as funções do produto, deve-se seguir a seguinte sequência de atividades:

- definição da função básica do produto, através de um verbo (ação) no infinitivo e um substantivo (objeto) que sofre uma ação;

- através da pergunta “como?”, definir as funções seguintes, através de um verbo (ação) no infinitivo e um substantivo (objeto) que sofre uma ação, até que se chegue no nível das funções elementares a serem exercidas pelas peças do produto;
- para verificar possíveis dúvidas de hierarquia e relacionamento ou definição de uma determinada função, deve-se perguntar o por quê desta, para verificar se está coerente com a função de maior nível que a antecede;
- Por último, deve-se verificar coerência e hierarquia do diagrama de funções elaborado.

Segue um exemplo de aplicação prática da técnica FAST numa lâmpada incandescente, na Figura 4.4, elaborado por Maramaldo (1983).

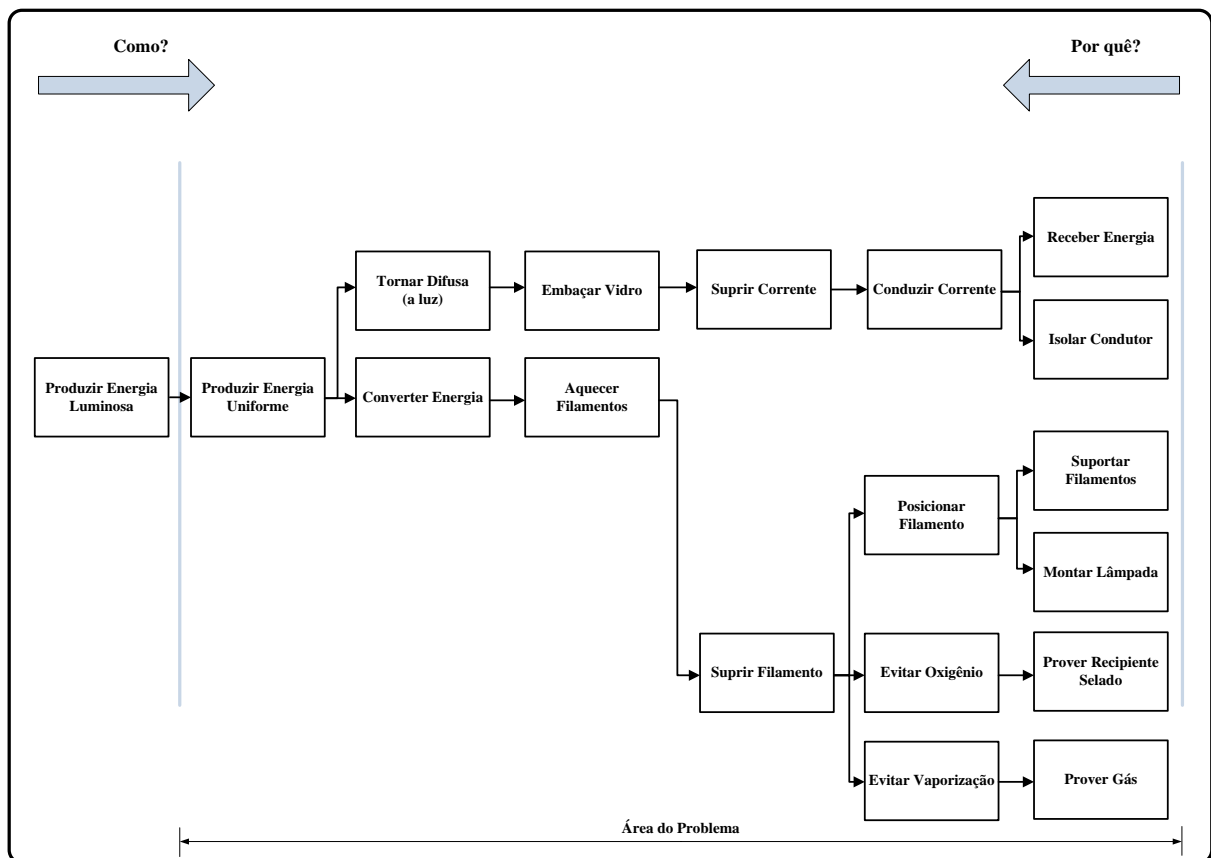


Figura 4.4 - Exemplo de aplicação prática do diagrama FAST (adaptado de MARAMALDO, 1983).

O resultado esperado dessa etapa é a estrutura funcional do produto que servirá de base para a definição dos módulos. As funções que serão utilizadas para a definição dos módulos do produto são as de menor ordem (na parte direita do diagrama) que representam as funções dos componentes e módulos do produto.

4.2.4 Etapa 4 - Definição dos Módulos do Produto

O objetivo desta etapa é definir os módulos conceituais do produto, que darão origem às variantes da família. A ferramenta que será utilizada é a MIM (Matriz Indicadora de Módulos), já apresentada na seção 3.2.2, onde a entrada necessária para a execução desta etapa é o diagrama de funções do produto, definido na etapa anterior.

Como na Etapa 3, sugere-se que a matriz MIM seja construída pelo mesmo grupo que definiu as funções do produto, já que as funções deverão ser comparadas com as diretrizes de modularização. Para tal, deve-se seguir a seguinte sequência de atividades:

- determinar a relação entre as diretrizes de modularidade e as funções do produto, atribuindo peso 1 quando esta relação for considerada fraca, 3 para uma média relação e 5 para uma forte relação;
- somar a pontuação total de cada função na linha somatório;
- determinar, através da pontuação total, a classificação crescente das funções candidatas a se tornarem módulos;
- avaliar se existe algum grupo de funções com um forte relacionamento com uma determinada diretriz, que o também o torna candidato a ser modularizado,
- avaliar coerência na definição dos módulos com base nos requisitos dos clientes.

Na Figura 4.5, segue um exemplo de aplicação da MIM, baseado nas funções definidas para uma lâmpada convencional na Etapa 3.

Diretrizes de modularização	Desenvolvimento de Produtos	Multi-aplicativo (Carry-over)	●			○	●	
		Evolução Tecnológica			●			●
		Alteração de Projeto			○			○
	Variação	Especificação Técnica	○			○	●	
		Estilo					●	
	Fabricação	Unidade Comum	●			○	○	
		Processo e Organização		●		○		●
	Qualidade	Testes em separado	●	○				●
	Aquisição	Compra de Produtos Prontos					●	
	Após estar no Mercado	Manutenção e Manutenibilidade	●	○				●
		Atualização	○				●	
		Reciclagem		●			●	

Fraca Relação (1 ponto)	○
Média Relação (3 pontos)	◐
Forte Relação (5 pontos)	●

26	16	8	8	33	23
2	4	5	5	1	3

Σ					
Classificação					

Figura 4.5 - Exemplo de aplicação prática da matriz MIM.

No caso deste exemplo, as funções que tem uma forte tendência a se tornarem módulos do produto são a “prover recipiente”, “receber energia”, “prover gás” e “isolar condutor”, todas obtiveram altas pontuações individuais. As funções “suportar filamentos” e “montar lâmpada” podem ser agrupadas para formar um único módulo, já que ambas obtiveram uma pontuação consideravelmente menor do que as demais, vão se tornar o módulo “suportar lâmpada”. Portanto, a lâmpada convencional teria 5 módulos conceituais. Se, porventura, houvesse um grupo de funções com um relacionamento visivelmente forte com uma determinada diretriz, também se poderia agrupá-las num único módulo.

O resultado esperado dessa etapa é a definição dos módulos conceituais que servirá de base para o processo de relacionamento desses módulos com os requisitos fortemente

relacionados com as características do produto que o cliente deseja customizar, que já foram identificados na Etapa 2.

4.2.5 Etapa 5 – Definição do Relacionamento dos Módulos com os Requisitos

O objetivo desta etapa é determinar o grau de relacionamento entre os módulos conceituais, definidos na etapa anterior, com os requisitos de projeto. Para isso, será utilizada uma matriz de correlação, semelhante a do método QFD.

As entradas necessárias são uma listagem dos requisitos de projeto, com seus pesos relativos, ponderados pelo grau de relacionamento destes com as características do produto que o cliente deseja customizar, já definidos, e também a definição dos módulos conceituais do produto. Esta etapa é muito importante para o sucesso da operacionalização do *postponement* de forma, pois é nesta que se definem quais serão os módulos que terão sua montagem final postergada.

Para determinar o grau de relacionamento entre os requisitos do projeto e os módulos conceituais do produto, sugere-se que a matriz de correlação seja preenchida e pontuada numa reunião coordenada pelo gerente do projeto, com a presença dos especialistas do time de desenvolvimento do produto para auxiliá-lo. Para isto, deve-se seguir a sequência de atividades apresentada posteriormente:

- alocar os requisitos do projeto na sua respectiva linha;
- alocar os módulos conceituais do produto na sua respectiva coluna;
- definir o grau de relacionamento entre os requisitos e os módulos conceituais, adotando a pontuação 0, quando não houver relacionamento, 1 quando houver um fraco relacionamento, 3 quando houver um relacionamento moderado e 5 quando houver um forte relacionamento;
- avaliar a coerência dos graus de relacionamento;
- multiplicar os graus de relacionamento pelos pesos relativos de cada requisitos.

Segue um exemplo de aplicação da matriz de correlação entre os requisitos de projeto e os módulos conceituais do produto para uma lâmpada convencional na Figura 4.6.

		Diferenciado		Padronizado			
Tipo requisito		Diferenciado		Padronizado			
% do Peso Requisitos Total		44,4%		49,4%		0,0%	
Requisitos de Projeto		Ser resistente	Suportar umidade	Fácil instalação	Tamanho reduzido	Peso Módulos	% do Peso dos Módulos Total
Módulos Conceituais	Prover recipiente	5	3	3	3	3,89	33,3%
		2,22	0,18	1,48	0,00		
	Receber energia	1	3	1	1	1,12	9,6%
		0,44	0,18	0,49	0,00		
	Prover gás	3	1	0	1	1,39	11,9%
		1,33	0,06	0,00	0,00		
	Isolar condutor	3	3	0	0	1,52	13,0%
		1,33	0,18	0,00	0,00		
	Suportar lâmpada	5	1	3	5	3,77	32,2%
		2,22	0,06	1,48	0,00		
	Total		x	x	x	x	11,69	100%

5	Forte relacionamento
3	Relacionamento moderado
1	Fraco relacionamento
0	Relacionamento inexistente

Figura 4.6 - Exemplo de aplicação prática da matriz de correlação entre os requisitos e módulos conceituais.

O grau de relacionamento deve ser marcado na célula superior da linha do módulo, no cruzamento entre o módulo e o requisito, sendo que na célula inferior deve-se alocar o resultado da multiplicação entre o grau de relacionamento e o “% do Peso Requisitos Total”. Na coluna “Peso Módulos” deve-se fazer o somatório dos resultados dessas multiplicações, sendo que na coluna “% do Peso dos Módulos Total”, deve-se dividir o resultado obtido pelo módulo na coluna “Peso Módulos”, pelo somatório do total desta mesma coluna, alocado no cruzamento desta com a linha “Total”.

Os módulos conceituais do produto com os maiores percentuais, que são “Prover recipiente” e “Suportar lâmpada”, são os módulos diferenciados, fortemente relacionados com os requisitos diferenciados, que devem ter sua montagem final postergada e terão diferentes especificações dentre as variantes do produto, porém estarão presentes em todas. Os demais módulos serão os módulos padronizados do produto, que estarão presentes, com as mesmas especificações, em todas variantes do produto. O resultado esperado dessa etapa é a definição de quais são os módulos diferenciados e opcionais do produto, que devem ter sua montagem final postergada.

4.2.6 Etapa 6 – Identificação e Compartilhamento dos Módulos

Os objetivos desta etapa são a identificação dos módulos padronizados, que serão compartilhados entre as variantes do produto, os módulos diferenciados e opcionais, que terão sua montagem final postergada e a definição do número de variantes possíveis do produto. A ferramenta que será utilizada é a Matriz da Modularidade, já apresentada na seção 3.2.3, porém mais simplificada. Esta etapa é muito importante para o sucesso do *postponement* de forma, pois é nela que se definem o compartilhamento dos módulos entre as variantes do produto e também a variedade de especificações de cada módulo.

A entrada necessária para a execução desta etapa é a definição dos módulos padronizados, diferenciados e/ou opcionais do produto, realizada na etapa anterior.

Sugere-se que a matriz MM seja construída de modo a permitir que se identifique as especificações e os módulos de cada variante do produto. Para tal, deve-se seguir a seguinte sequência de atividades:

- definir e quantificar o número de variações das especificações dos módulos diferenciados/opcionais do produto;
- alocar os módulos padronizados e suas respectivas especificações, dentro das colunas das variantes do produto;
- alocar os módulos diferenciados e suas respectivas especificações, dentro das colunas das variantes do produto;
- alocar os módulos opcionais e suas respectivas especificações, dentro das colunas das variantes do produto;
- avaliar a coerência na definição da arquitetura dos módulos para cada variante do produto.

Com base na sequência de atividades, nota-se que foi feita uma modificação na ferramenta proposta por Dahmus, Gonzalez-Zugasti e Otto (2001), para tornar mais fácil a visualização do processo de compartilhamento dos módulos. A definição dos módulos padronizados, diferenciados e opcionais será feita na Etapa 5, fazendo com que esta Etapa seja exclusivamente voltada para calcular o número total de variantes do produto e identificar e visualizar o compartilhamento dos módulos entre as variantes do produto.

Para se calcular o número total de variantes do produto, deve-se identificar o número total de variações das especificações de cada módulo diferenciado/opcional e multiplicá-los entre si, como ilustrado na Figura 4.7, para a determinação do número de variantes de uma lâmpada convencional.

Especificação	Variações	Nº de variações da especificação
Cor do vidro	Branca, Amarela e Verde	3
Forma do vidro	Cônica, Esférica	2
Tipo de encaixe	Espiralado, Plug	2
Total de variantes		12

Figura 4.7 – Exemplo prático do cálculo do número de variantes de um produto.

Com a definição das variações das especificações, segue um exemplo de aplicação da Matriz da Modularidade para uma lâmpada convencional, para um melhor entendimento da ferramenta, na Figura 4.8.

Tipo de Módulo	Módulos	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Diferenciado	Prover recipiente	Vidro Externo	Vidro Externo	Vidro Externo	Vidro Externo
		Branco	Branco	Branco	Branco
		Forma Cônica	Forma Esférica	Forma Cônica	Forma Esférica
Padronizado	Receber energia	Soquete	Soquete	Soquete	Soquete
		Elétrico	Elétrico	Elétrico	Elétrico
Padronizado	Prover gás	Câmara Interna	Câmara Interna	Câmara Interna	Câmara Interna
		Isolada	Isolada	Isolada	Isolada
Padronizado	Isolar condutor	Borracha Isolante	Borracha Isolante	Borracha Isolante	Borracha Isolante
		Capa do Condutor	Capa do Condutor	Capa do Condutor	Capa do Condutor
Diferenciado	Suportar lâmpada	Tubo Circular	Tubo Circular	Tubo Circular	Tubo Circular
		Encaixe Espiralado	Encaixe Plug	Encaixe Espiralado	Encaixe Plug

Figura 4.8 - Exemplo de aplicação prática da matriz da modularidade.

No exemplo da Figura 4.8, foram mostradas 4 variantes da lâmpada convencional, apenas para a cor branca do vidro, para facilitar a visualização e o entendimento do exemplo.

Na coluna “Tipo de Módulo”, o módulo é classificado como padronizado, diferenciado ou opcional. Na coluna “Módulos”, são alocados os módulos propriamente ditos, sendo que nas Colunas das “Variantes” deve-se alocar os nomes dos módulos e suas respectivas especificações.

Os resultados esperados dessa etapa são: o cálculo do número total de variantes do produto e a identificação dos módulos padronizados, diferenciados e opcionais de cada variante da família de produtos, com suas respectivas especificações, consistindo em uma prévia da arquitetura da família de produtos.

4.2.7 Etapa 7 – Mensuração do Nível de Variedade na Arquitetura do Produto

O objetivo desta etapa é mensurar o nível da variedade de especificações dos módulos das variantes do produto. A ferramenta que será utilizada é a *Attribute-module Matrix*, já apresentada na seção 3.2.4, com algumas modificações.

Esta etapa deve ser realizada pelo mesmo grupo responsável pelas etapas anteriores e as informações de entrada para esta etapa são a definição das especificações dos módulos de cada variante do produto e também a definição do número de especificações diferentes para um mesmo módulos, ambas realizadas na Etapa 6.

O uso da *Attribute-module Matrix* permite que seja identificado o grau de relacionamento entre uma determinada especificação e um módulo.

Para se trabalhar com essas informações, sugere-se a seguinte sequência de atividades:

- identificar o grau de relacionamento entre um determinado módulo e uma especificação do produto, atribuindo 0, quando não houver nenhum relacionamento, 1 quando houver um fraco relacionamento, 3 quando houver um relacionamento moderado e 5 quando houver um forte relacionamento;
- calcular o grau de variedade de cada especificação do produto;
- inserir a nota de cada especificação, com base na experiência dos especialistas do time de projeto, para avaliar o quanto uma mudança nessa especificação afetará as demais. Atribuir 0, quando não houver nenhum impacto, 1 quando houver um fraco impacto, 3 quando houver um impacto moderado e 5 quando houver um forte impacto. A nota de cada especificação deve ser dividido pelo somatório total dos pesos, para que se obtenha o peso em percentual de cada especificação;
- calcular o índice IV para cada módulo do produto.

Na Figura 4.9, segue um exemplo de aplicação da *Attribute-module Matrix*, para uma lâmpada convencional.

Módulos Conceituais	Especificações	Cor do Vidro	Forma do Vidro	Tipo do Soquete	Vedação da Câmara Interna	Espessura do Isolante	Tipo de Encaixe	IV (ΔM)
	Prover recipiente	5	5	1	1	0	1	0,35
	Receber energia	0	0	3	3	5	3	0,05
	Prover gás	0	1	1	5	1	1	0,05
	Isolar condutor	0	0	1	1	5	1	0,02
	Suportar lâmpada	0	3	5	1	0	1	0,11
	Nota da Especificação (W)	3	5	1	1	1	3	14
	Peso da Especificação (W)	0,21	0,36	0,07	0,07	0,07	0,21	100%
	Grau de Variedade (ΔC)	0,17	0,08	0,00	0,00	0,00	0,08	

5	Forte relacionamento
3	Relacionamento moderado
1	Fraco relacionamento
0	Relacionamento inexistente

Figura 4.9 - Exemplo de aplicação prática da AMM para uma lâmpada convencional.

Nas células de cruzamento entre requisitos e especificações, deve-se alocar a pontuação do grau de relacionamento. Na linha Nota da especificação, deve-se alocar o peso correspondente ao impacto de uma mudança na especificação da respectiva coluna em relação às demais. Na linha “Peso da Especificação”, deve-se alocar o percentual relativo da nota de cada especificação, em comparação com o total. Na linha “Grau de Variedade”, deve alocar o resultado da equação 6, apresentada na seção 3.2.4, que divide o número de variações de especificação de um determinado módulo, subtraído de 1, pelo total de variantes do produto. Na coluna “IV”, deve-se fazer o cálculo ilustrado pela equação 4, da seção 3.2.4, que consiste no somatório das multiplicações dos graus de relacionamento de um determinado módulo com as especificações, pelos respectivos “Pesos das Especificações”, multiplicados também pelos “Graus de Variedade” dessas especificações.

O resultado dessa etapa é a mensuração do nível de variedade de especificações em cada módulo do produto, sendo que os módulos que apresentarem os maiores Índices IV são os que são influenciados mais fortemente pela variedade das especificações, que no caso do exemplo apresentado, o módulo “Prover recipiente” é destacadamente o mais influenciado pela variedade de especificações e ou por possíveis mudanças dessas, sendo que o segundo módulo mais influenciado é o “Suportar lâmpada”.

Com esta mensuração do nível de variedade, os módulos estão prontos para serem avaliados no que se refere à velocidade de montagem.

4.2.8 Etapa 8 – Avaliação da Agilidade na Montagem Final do Produto

O objetivo desta etapa é medir a velocidade de manufatura de cada módulo do produto, observando se os módulos diferenciados e opcionais do produto podem vir a gerar um “gargalo” na produção do produto, em um cenário de postergação da montagem final. Para isto, serão utilizados dois indicadores, o PTT (participação no tempo total) e o ATM (aderência ao tempo médio), como apresentado na seção 3.2.5.

Assim, as entradas necessárias são a definição dos módulos das variantes do produto e os tempos estimados de montagem desses.

O primeiro passo é compilar as informações dos tempos de montagem de cada módulo, para poder se calcular os indicadores de PTT e ATM. Para tal, deve-se seguir a seguinte sequência de atividades:

- compilar os dados dos tempos estimados de montagem dos módulos das variantes do produto;
- calcular o PTT;
- calcular o ATM;
- verificar se os módulos diferenciados/opcionais montados na montagem final do produto não são os que representam a maior porcentagem do tempo de montagem do produto, no caso do PTT, e se o tempo de montagem desses não é maior que o tempo médio de montagem dos módulos, no caso do ATM;

Na Figura 4.10, mostra-se um exemplo de cálculo dos indicadores PTT e ATM, e da planilha para tabulação dos resultados para uma lâmpada convencional.

Módulos	Tempo de Ciclo de Montagem (s)	PTT (%)	ATM (%)
Prover recipiente	10	8%	40%
Receber energia	30	24%	120%
Prover gás	25	20%	100%
Isolar condutor	35	28%	140%
Suportar lâmpada	25	20%	100%
Total (s)	125		
Média (s)	25		

Figura 4.10 – Exemplo de aplicação prática dos indicadores PTT e ATM.

O resultado dessa etapa é verificar se a montagem final dos módulos diferenciados/opcionais do produto é rápida em comparação com a dos demais módulos e se

esta pode vir a se tornar um gargalo na produção da empresa. No caso do exemplo da lâmpada convencional, os módulos diferenciados “Prover recipiente” e “Suportar lâmpada” não são os mais demorados para serem montados do produto, como demonstram os resultados do PTT e nem seus tempos de ciclo estão acima da média dos tempos de ciclo de montagem dos módulos, como demonstram os resultados do ATM. Portanto os módulos diferenciados e opcionais podem ter sua montagem final postergada, sem que este fato venha a causar gargalos ou perdas de economia de escala na montagem final da lâmpada convencional.

Com estas condições verificadas, a arquitetura do produto está validada e pronta para ser avaliada no que se refere ao seu alinhamento com o *postponement* de forma.

4.2.9 Etapa 9 – Verificação do Alinhamento do Produto com o *Postponement* de Forma

O objetivo desta etapa é verificar o alinhamento do produto em desenvolvimento, da cadeia de produção e do mercado da empresa com o *postponement* de forma. Para tal, será utilizada a ferramenta Análise de Perfil, já apresentada na seção 3.2.6.

Esta etapa deve ser realizada ao final do projeto conceitual do produto, para se verificar e avaliar o andamento do processo de desenvolvimento do produto. As entradas necessárias são a definição da arquitetura do produto e informações referentes ao mercado e a cadeia de produção da empresa.

Sugere-se que a Análise de Perfil seja feita numa reunião com os mesmos participantes das demais etapas. Para isto, deve-se seguir a seguinte sequência de atividades:

- avaliar o produto em desenvolvimento com base nos seus respectivos determinantes de decisão;
- avaliar o mercado da empresa com base nos seus respectivos determinantes de decisão;
- avaliar a cadeia de produção da empresa com base nos seus respectivos determinantes de decisão;
- avaliar a coerência dos relacionamentos com os determinantes de decisão.

Segue um exemplo de aplicação da Análise de Perfil para uma lâmpada convencional na Figura 4.11.

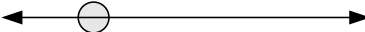

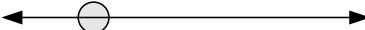

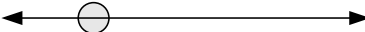
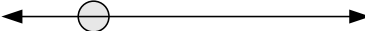

			TIPOS DE <i>POSTPONEMENT</i> /ESPECULAÇÃO				
			ESPECULAÇÃO	<i>POSTPONEMENT</i> DE FORMA	<i>POSTPONEMENT</i> DE LOGÍSTICA	<i>POSTPONEMENT</i> PLENO	
PRODUTO	CICLO DE VIDA	ESTÁGIO	INTRODUÇÃO	CRESCIMENTO	MATURAÇÃO	DECLÍNIO	
		VOLUME	BAIXO/MÉDIO	MÉDIO/ALTO	MÉDIO/ALTO	BAIXO/MÉDIO	
		ESTRATÉGIA DE CUSTO/SERVIÇO	SERVIÇO				CUSTO
	CARACTERÍSTICAS	TIPO DE PRODUTO	PADRÃO				CUSTOMIZADO
		GAMA DE PRODUTOS	ESTREITA				AMPLA
	VALOR	DENSIDADE MONETÁRIA	ESTÁGIOS INICIAIS				ESTÁGIOS FINAIS
		PERFIL DE VALOR	BAIXA	BAIXA	ALTA	ALTA	
	MERCADO	TEMPO DE ENTREGA RELATIVO	CURTO				LONGO
FREQUÊNCIA DE ENTREGA		ALTA				MÉDIA/ALTA	
INCERTEZA DA DEMANDA		BAIXA				ALTA	
CADEIA DE PRODUÇÃO	ECONOMIAS DE ESCALA	GRANDES	PEQUENAS	GRANDES	PEQUENAS		
	CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS	SIM	NÃO	SIM	NÃO		

Figura 4.11 - Exemplo de aplicação prática da Análise de Perfil.

Após a comparação individual do produto em desenvolvimento com os determinantes de decisão, utilizando-se da experiência dos membros do time de desenvolvimento para tal, se deve analisar com qual tipo de *postponement* o alinhamento é maior. No caso do exemplo da lâmpada convencional, do total de 12 determinantes de decisão, 9 estão alinhados com o *postponement* de forma, 2 com o *postponement* de logística e 1 com a especulação.

Portanto a lâmpada convencional, que teve seu desenvolvimento informacional e conceitual exemplificado ao longo deste Capítulo 4, o mercado e a cadeia de produção da empresa que a fabrica, estão bem alinhados com o *postponement* de forma.

Se o resultado fosse contrário, ou seja, se a minoria dos determinantes de decisão da lâmpada estivessem alinhados com o *postponement* de forma, a empresa deveria avaliar se os determinantes desalinhados são relativos ao produto, ou ao seu mercado e cadeia de produção. No caso de um desalinhamento do produto, a empresa deveria realizar os ajustes necessários no projeto do produto, com base no alinhamento com os determinantes de decisão da Análise de Perfil. No caso de um desalinhamento do mercado e da cadeia de produção da empresa com o *postponement* de forma, a empresa deveria reavaliar e ajustar sua cadeia de produção e seu posicionamento no mercado, focando um alinhamento com o *postponement* de forma, ou

até mesmo, decidir que não utilizará as práticas de postergação da manufatura na produção do produto.

4.3 Considerações sobre o Modelo

Objetivando fazer com que o produto em desenvolvimento tenha um bom desempenho na postergação de sua montagem final, as cinco primeiras etapas do modelo visam trabalhar o produto e sua arquitetura para que este possa ter sua montagem final postergada. Nas três últimas etapas, faz-se uma avaliação do produto e também do mercado e cadeia de produção da empresa que o fabricará, para garantir que este produto esteja alinhado e tenha sucesso num cenário de postergação de sua montagem final.

O modelo se insere dentro das etapas do projeto informacional e conceitual do produto, sob a ótica do *Postponement* de Forma.

Como já abordado no Capítulo 3, as ferramentas que compõem o modelo servirão de base para alcançar os objetivos específicos e, assim, solucionar o problema de pesquisa. Cabe ressaltar, porém, duas ferramentas que foram apresentadas somente nesse capítulo.

A ferramenta matriz de Correlação será utilizada para definir o relacionamento entre as características do produto que se deseja customizar com os requisitos de projeto. A definição desse relacionamento, juntamente com a definição do grau de importância dos requisitos de projeto através da ferramenta diagrama de Mudge, são a base para que se alcance o primeiro objetivo específico que é a definição de uma sistemática para identificar requisitos e especificações que podem ser generalizados e aqueles que devem ser individualizados dentro das variantes de produto.

A ferramenta matriz de Correlação também será utilizada para definir o relacionamento dos módulos conceituais do produto com os requisitos de projeto, servindo de base para a definição de quais serão os módulos diferenciados, padronizados e opcionais do produto. Esta ferramenta, juntamente com a matriz da Modularidade, serão fundamentais para o alcance do segundo objetivo específico que é a definição de uma sistemática para determinar o número de variantes de um produto, dentro de uma família de produtos.

No próximo capítulo será apresentada a aplicação prática do modelo proposto, com o objetivo de avaliar sua capacidade de agregar ao produto em desenvolvimento os aspectos necessários para que este possa ser eficientemente produzido com a postergação de sua montagem final.

CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Neste Capítulo será verificada a aplicabilidade do modelo proposto. A aplicação será realizada numa empresa do setor eletro-eletrônico localizada na Grande Florianópolis, Estado de Santa Catarina.

5.1 Apresentação da Empresa

A empresa onde foi aplicado o modelo possui 32 anos de existência, está localizada na cidade de São José, Estado de Santa Catarina, sendo que possui também filiais na cidade de São José dos Pinhais, Paraná, e em Santa Rita do Sapucaí, Minas Gerais.

Possui cerca de 1700 colaboradores diretos e seus principais mercados de atuação são centrais telefônicas, aparelhos telefônicos, centrais condominiais, segurança eletrônica e informática. A estratégia atualmente adotada pela empresa é da produção em massa, sendo que para garantir o atendimento às suas demandas, utiliza a prática da especulação.

Empresas desse porte, geralmente têm um setor de pesquisa e desenvolvimento de produtos bem estruturado sendo que esta foi uma das características pelas quais se optou em fazer aplicação prática do modelo proposto no Capítulo 4 nesta empresa.

Os colaboradores da empresa que participaram da aplicação são membros do time de desenvolvimento de telefones convencionais, representando as áreas de Engenharia de Produto, Engenharia de Processos, Marketing de Produtos e Coordenação de Projetos. O produto em desenvolvimento escolhido por esse time para aplicar à sistemática foi um aparelho telefônico convencional (com fio), que neste trabalho será denominado de produto “A”, ilustrado pela Figura 5.1.



Figura 5.1 - Aparelho Telefônico A

5.2 Descrição da Aplicação do Modelo

Aqui se apresentará a descrição da aplicação de cada uma das etapas do modelo apresentado no Capítulo anterior.

5.2.1 Etapa 1 - Determinação do Grau de Importância dos Requisitos de Projeto

De acordo com o modelo apresentado na Figura 4.1, as entradas necessárias para se dar início à primeira etapa da aplicação do modelo são a definição dos requisitos de projeto e das características que o cliente deseja customizar no produto.

Essas características do produto e também os requisitos de projeto já estavam pré-definidos na empresa. Foram obtidos através de um briefing, elaborado pelo setor de Marketing de Produtos, com base em uma pesquisa de mercado encomendada pela empresa. Desta forma, as informações foram apenas organizadas em tabelas, conforme mostra a Figura 5.2.

Requisitos do Projeto	
1	acesso a todas as funções pelo monofone
2	cabo telefônico de longo alcance
3	teclado iluminado
4	opções de volume de campainha (incluindo "desligada")
5	posição mesa e na posição parede
6	funções mudo, rediscar e flash

Características do Produto que o cliente deseja customizar	
1	tamanho do cordão
2	cor do cordão
3	cor do led
4	com ou sem led
5	cor da base
6	cor do monofone
7	arte da manta

Figura 5.2 - Requisitos do projeto e características que o cliente deseja customizar do produto A.

Com estas definições, iniciou-se a aplicação da primeira etapa do modelo que é a determinação do grau de importância dos requisitos do projeto, através do diagrama de Mudge, apresentado na Figura 5.3.

Requisitos de Projeto		A	B	C	D	E	F		
A	acesso a todas as funções pelo monofone	X	A5	A3	A3	A3	A3	17	39,5%
B	cabo telefônico de longo alcance		X	B1	B1	B5	B5	12	27,9%
C	teclado iluminado			X	D3	C1	C1	2	4,7%
D	opções de volume de campainha (incluindo "desligada")				X	D3	F3	6	14,0%
E	posição mesa e na posição parede					X	F3	0	0,0%
F	funções mudo, rediscar e flash						X	6	14,0%
Total								43	100%

Figura 5.3 - Diagrama de Mudge dos Requisitos de Projeto.

Esta ferramenta foi aplicada com a presença de colaboradores das áreas de Coordenação de Projetos, Engenharia de Produtos, Engenharia de Processos e Marketing de Produto.

Inicialmente foi feita uma explicação da teoria do diagrama de Mudge com o intuito de alinhar o conhecimento entre os membros da equipe, visando facilitar as discussões para o preenchimento do diagrama. A equipe foi muito participativa ao longo do preenchimento do diagrama, sendo que em alguns momentos houveram interessantes discussões entre os membros, que só fortaleceram os resultados da aplicação da ferramenta.

Os requisitos de projeto do produto A destacadamente mais importantes são “acesso a todas as funções pelo monofone” e “cabo telefônico de longo alcance”. Vale salientar, também, que apesar do requisito “posição mesa e na posição parede” ter obtido zero no seu percentual de importância, este é fundamental para o funcionamento do produto, porém não é percebido pelo cliente como importante diferenciador do produto final. Com a importância de cada requisito determinada, partiu-se para a segunda etapa.

5.2.2 Etapa 2 - Definição do Relacionamento das Características do Produto com os Requisitos do Projeto

Seguindo a sistemática definida no modelo, nesta etapa foi definido o grau de relacionamento entre as características do produto com os requisitos do projeto. Utilizou-se para tal, o grau de importância dos requisitos, determinado na etapa anterior, para identificar

quais eram os requisitos de projeto diferenciados do produto A. Para a definição desses relacionamentos, utilizou-se a matriz de relacionamento que segue na Figura 5.4.

Requisitos de Projeto	Tipo	Características do Produto							Peso Requisitos	% do Peso Requisitos Total
		Diferenciada	Diferenciada	Diferenciada	Diferenciada	Diferenciada	Diferenciada	Diferenciada		
	Grau de Importância	tamanho do cordão	cor do cordão	cor do led	com ou sem led	cor da base	cor do monofone	arte da manta		
acesso a todas as funções pelo monofone	39,5%	3	0	0	3	0	0	1	2,77	47,8%
		1,19	0,00	0,00	1,19	0,00	0,00	0,40		
cabo telefônico deve possibilitar longo alcance	27,9%	5	1	0	1	0	0	0	1,95	33,7%
		1,40	0,28	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00		
teclado deve ser iluminado	4,7%	1	0	5	5	0	3	3	0,79	13,7%
		0,05	0,00	0,23	0,23	0,00	0,14	0,14		
oferecer opções de volume de campainha	14,0%	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,0%
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
posição mesa e parede	0,0%	3	0	0	0	1	1	0	0,00	0,0%
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
oferecer as funções mudo, rediscar e flash	14,0%	0	0	0	1	0	0	1	0,28	4,8%
		0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,14		
Total	100,0%	x	x	x	x	x	x	x	5,79	100%

Figura 5.4 - Matriz de relacionamento dos requisitos de projeto com as características do produto A.

Para um melhor entendimento da aplicação desta matriz, se explicará a definição dos relacionamentos do requisito de projeto “acesso a todas as funções pelo monofone” com as características do produto. Na coluna “Grau de Importância” foram alocados os resultados do diagrama de Mudge, aplicado na primeira etapa. Na linha superior correspondente ao requisito, foram alocadas a pontuações referentes ao nível do relacionamento deste requisito com as características do produto, numa escala de 0 (nenhum relacionamento), 1, 3 e 5 (forte relacionamento). Na linha inferior correspondente ao requisito, fez-se a multiplicação dos respectivos níveis de relacionamento com as características do produto, pelo percentual do grau de importância do requisito de projeto. Na coluna “Peso Requisitos”, fez-se o somatório dos resultados das multiplicações dos níveis de relacionamento com o percentual do grau de importância. Na coluna “% Peso Requisitos Total”, dividiu-se o resultado do somatório realizado na coluna “Peso Requisitos” para o respectivo requisito de projeto, pelo resultado obtido na linha Total para a coluna “Peso Requisitos”, resultando num percentual em relação ao somatório dos pesos de todos os requisitos.

Os colaboradores participantes da aplicação desta ferramenta foram os mesmos da etapa anterior, sendo que também foi feita uma explicação da teoria dessa ferramenta para alinhar o conhecimento entre os membros do time.

Os requisitos “acesso a todas as funções pelo monofone”, “cabo telefônico deve possibilitar longo alcance” e “teclado deve ser iluminado”, por apresentarem o maior grau de relacionamento com as características diferenciadas, foram definidos pelo time de desenvolvimento como sendo os requisitos diferenciados, que serviram de base para identificar os módulos diferenciados na etapa 5, na seção 5.2.5, os demais foram definidos como sendo requisitos padronizados.

5.2.3 Etapa 3 - Definição das Funções do Produto

Nesta etapa foi feita a análise funcional do aparelho telefônico convencional A, sendo que toda sua estrutura funcional foi mapeada e foram definidas as funções do aparelho telefônico, que segue na Figura 5.5.

Desta etapa participaram apenas os colaboradores da Engenharia de Produto e Engenharia de Processos, pois segundo o time de desenvolvimento, os conhecimentos necessários para a execução dessa tarefa eram mais técnicos dispensando a presença dos demais membros.

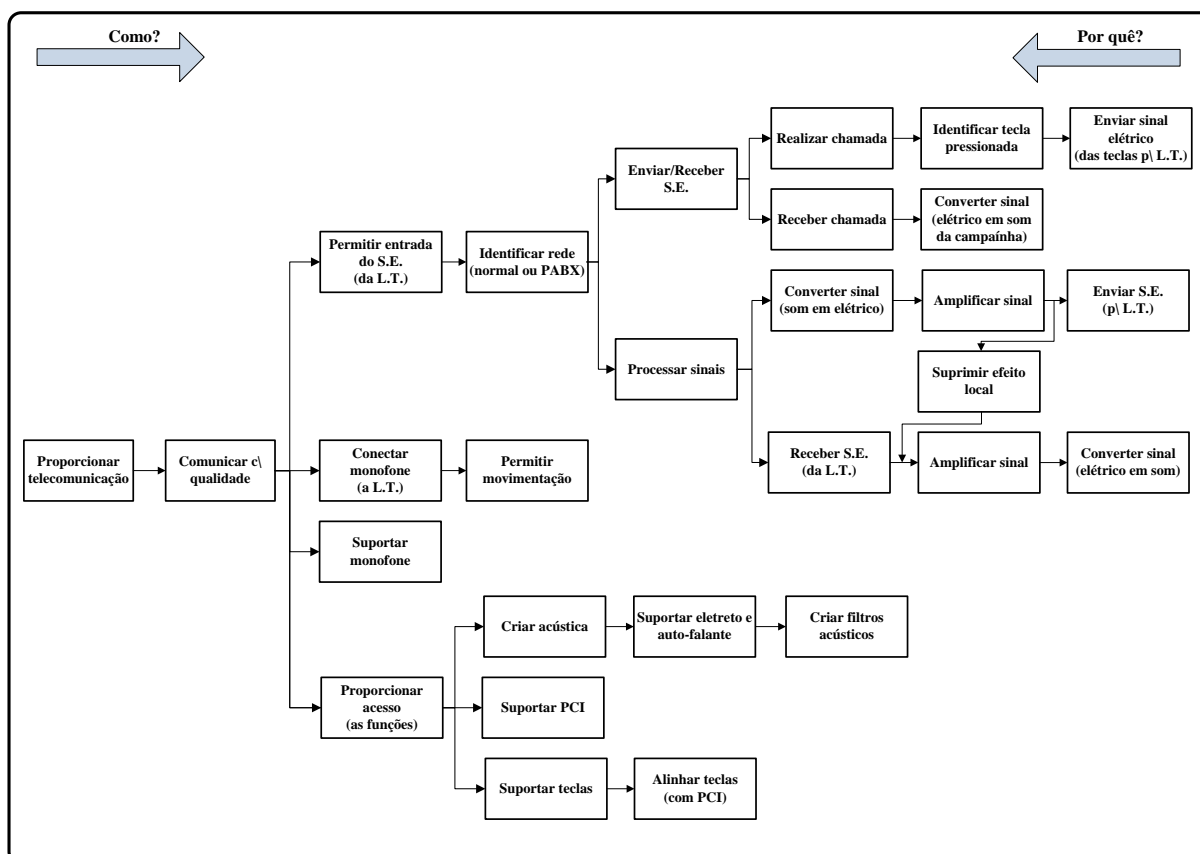


Figura 5.5 - Diagrama FAST do aparelho telefônico convencional A.

De acordo com a percepção dos membros do time de desenvolvimento, na parte superior do diagrama, ficaram posicionadas funções mais relacionadas com a parte elétrica do telefone e na parte inferior, as funções mais relacionadas com a parte mecânica. Com a definição dessas funções, foi possível seguir para a Etapa 5, que consistirá na definição dos módulos do telefone A.

5.2.4 Etapa 4 - Definição dos Módulos do Produto

Seguindo o modelo proposto, nesta etapa foi feita a definição dos módulos do produto A, utilizando as diretrizes de modularização da matriz MIM apresentadas na seção 3.2.2.

Segue a Figura 5.6, demonstrando a matriz MIM que foi utilizada e os resultados obtidos.

Nenhuma Relação		0
Fraca Relação		1
Média Relação		3
Forte Relação		5

Diretrizes de modularização	Desenvolvimento de Produtos	Multi-aplicativo (Carry-over)	Enviar sinal elétrico (das teclas p\ L.T.)	Conerter sinal elétrico em som (da campainha)	Enviar S.E. (p\ L.T.)	Converter sinal (elétrico em som)	Conectar Monofone a L.T.	Suportar monofone	Suportar PCI	Alinhar Teclas c\ PCI	Suportar eletreto e auto-falante	Criar filtros acústicos
		Evolução Tecnológica	5	5	5	5	1	0	1	0	3	5
		Alteração de Projeto	1	1	3	3	1	0	3	1	3	1
	Variação	Especificação Técnica	1	1	3	3	5	3	3	3	3	5
		Estilo	3	3	3	3	1	1	5	3	3	3
	Fabricação	Unidade Comum	1	3	1	1	1	5	5	3	5	5
		Processo e Organização	3	1	1	3	3	0	1	1	3	5
	Qualidade	Testes em separado	1	1	3	3	1	0	3	1	3	3
	Aquisição	Compra de produtos prontos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Manutenção e Manutenibilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Após estar no Mercado	Atualização	1	1	1	3	3	0	3	0	3	1
		Reciclagem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Σ		16	16	20	24	16	9	24	12	26	28
	Classificação		5	5	4	3	5	7	3	6	2	1

Figura 5.6 - Matriz MIM do produto A.

Para um melhor entendimento da aplicação da ferramenta, será explicado o preenchimento da primeira linha da matriz MIM, referente ao relacionamento da finalidade de modularização “Carry-over”, que representa a transferência de uma tecnologia atualmente empregada em um módulo para uma nova geração de produtos, com as funções localizadas

mais a direita do diagrama FAST, que representam as funções executadas pelos módulos e componentes do produto sendo que estas são as funções fundamentais para a definição da arquitetura do produto.

Na linha correspondente a finalidade de modularização Carry-over, foram definidos os relacionamentos desta finalidade com todas as funções listadas, atribuindo 0 (para nenhuma relação) e 5 para uma forte relação. Na linha somatório, somaram-se as notas do relacionamento de cada uma das funções e na linha classificação, as funções foram classificadas em posições de acordo com o somatório de suas notas de relacionamento, sendo que a função com maior somatório ficou com a posição 1 e assim por diante.

Nesta etapa participaram os mesmos colaboradores da etapa anterior, pois requeria conhecimentos mais técnicos do produto. Para facilitar o somatório dos resultados da ferramenta, notou-se que ao invés de usar os sinais originais para pontuar o relacionamento das funções com as diretrizes de modularização, propostos pelos autores na seção 3.2.2, seria mais rápido utilizar diretamente as notas dos relacionamentos.

No caso do aparelho telefônico A, os resultados da aplicação da matriz MIM estão ilustrados na Figura 5.7.

Módulo	Função
Filtro acústico	Criar filtros acústicos
Monofone	Suportar eletreto e auto-falante
	Suportar PCI
	Alinhar Teclas c\ PCI
PCI	Enviar sinal elétrico (das teclas p\ L.T.)
	Converter sinal (elétrico em som)
	Enviar S.E. (p\ L.T.)
Buzzer	Converter sinal elétrico em som (da campainha)
Base	Suportar monofone
Cordão	Conectar Monofone a L.T.

Figura 5.7 – Módulos x funções do aparelho telefônico A.

A função de mais alta pontuação “criar filtros acústicos” foi separada em um módulo a parte, pois foi a que obteve o maior somatório das notas de relacionamento com as finalidades e diretrizes de modularização, se configurando como uma função que deve ser isolada em um módulo a parte.

As funções “enviar sinal elétrico (das teclas para L.T.)”, converter sinal (elétrico em som) e “enviar sinal elétrico” (p\ L.T.)” foram agrupadas no módulo PCI. As funções

“suportar eletreto e auto-falante”, “suportar PCI” e “alinhar teclas c\ PCI” foram agrupadas no módulo Monofone. Isto foi feito para que se conseguisse atender ao requisito de projeto “acesso a todas as funções pelo monofone”, que de acordo com o membro da Engenharia de Produto do time, impôs uma restrição física ao produto, já que todas suas funções terão que ser acessíveis pelo monofone, que é a parte do telefone utilizada para falar e para escutar a voz da pessoa com quem se conversa.

As demais funções foram separadas em módulos a parte, por apresentarem consideráveis somatórios das notas de relacionamento com as finalidades e diretrizes de modularização, configurando-se como funções que poderiam ser isoladas em módulos a parte.

5.2.5 Etapa 5 - Definição do Relacionamento dos Módulos com os Requisitos

Com a definição dos módulos, feita na etapa anterior, e seguindo a sequência do modelo, nesta etapa definiu-se o grau de relacionamento entre estes módulos e os requisitos de projeto diferenciados e padronizados, definidos anteriormente na seção 5.2.2.

Segue na Figura 5.8, a matriz de relacionamento utilizada para definir os respectivos graus de relacionamento.

Tipo requisito		Diferenciado	Diferenciado	Diferenciado	Padronizado	Padronizado	Padronizado		
% do Peso Requisitos Total		47,8%	33,7%	13,7%	0,0%	0,0%	4,8%		
Requisitos de Projeto		acesso a todas as funções pelo monofone	cabo telefônico deve possibilitar longo alcance	teclado deve ser iluminado	oferecer opções de volume de campainha	posição mesa e parede	oferecer as funções mudo, rediscar e flash	Peso Módulos	% do Peso dos Módulos Total
Módulos Conceituais	filtro acústico	0	0	0	0	0	0	0,00	0,0%
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	monofone	5	3	3	3	3	5	4,05	34,6%
		2,39	1,01	0,41	0,00	0,00	0,24		
	PCI	5	1	5	5	1	5	3,65	31,2%
		2,39	0,34	0,68	0,00	0,00	0,24		
	buzzer	1	0	0	5	0	0	0,48	4,1%
		0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	cordão	3	5	3	0	3	0	3,53	30,1%
		1,43	1,69	0,41	0,00	0,00	0,00		
	base	0	0	0	0	5	0	0,00	0,0%
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Total		x	x	x	x	x	11,71	

Figura 5.8 - Matriz de relacionamento dos módulos com o requisitos de projeto do produto A.

Os requisitos nesta matriz já se apresentam classificados como diferenciados ou padronizados, com base nos resultados da Etapa 2, ilustrados na Figura 5.4. Apesar dos

requisitos “oferecer opções de volume de campainha” e “posição mesa e parede” possuem “% do Peso Requisitos Total” zero, eles devem estar presentes na planilha, pois a definição do relacionamento destes requisitos com os módulos do produto é uma informação que pode ser muito importante para a avaliação de eventuais alterações no projeto do produto.

Para um melhor entendimento da aplicação da matriz, será feita a explicação da definição dos relacionamentos com os requisitos de projeto para o módulo filtro acústico.

Na linha “% do Peso dos Requisitos Total” foram alocados os resultados obtidos do relacionamento dos requisitos de projeto com as características do produto, realizados na etapa 2. Na linha superior correspondente ao módulo filtro acústico, foram assinaladas as notas de relacionamento deste módulo com cada um dos requisitos de projeto. Na linha inferior, foram alocados os resultados da multiplicação dessas notas de relacionamento com os respectivos percentuais de cada requisito da linha “% do Peso dos requisitos Total”. Na coluna “Peso Módulos” foi feito o somatório dos resultados obtidos na linha inferior para o módulo filtro acústico. Na coluna “% do Peso dos Módulos Total”, dividiu-se o resultado obtido por cada um dos módulos na coluna “Peso Módulos” pelo resultado do somatório de todos os resultados dessa coluna, mostrado na linha “Total”.

Para a aplicação desta ferramenta, participaram os colaboradores do Marketing de produtos, Engenharia de Produto e Engenharia de Processos. Os módulos “monofone”, “PCI”, e “cordão” foram definidos pelo time como sendo os módulos diferenciados do produto, por apresentarem os maiores graus de relacionamento com os requisitos diferenciados, mostrados nos resultados obtidos por esses módulos na coluna “% do Peso dos Módulos Total”. Os módulos “filtro acústico” e “buzzer” foram definidos como módulos padronizados, por apresentarem menores graus de relacionamento com os requisitos diferenciados.

O módulo “base”, por de apresentar um baixo grau de relacionamento com os requisitos diferenciados, foi definido como módulo opcional e não como um módulo diferenciado. Estará presente em todas as variantes do produto, porém o consumidor terá a opção de escolher a sua cor, já que a cor da base foi apontada na seção 5.2.1 como sendo uma das características do produto A que o cliente deseja customizar.

5.2.6 Etapa 6 - Identificação e Compartilhamento dos Módulos

Partindo da definição dos módulos diferenciados, padronizados e opcionais feita na etapa anterior, nesta etapa foi realizada a definição do número de variações de especificação de cada módulo diferenciado/opcional do produto, a quantificação do número total de

variantes do produto, e a identificação e compartilhamento dos módulos entre as variantes do produto.

A Figura 5.9, apresenta o número de variações de especificação dos módulos diferenciados/opcionais do produto e a quantificação do número total de variantes do produto.

Módulo	Especificação	Variações	Nº de variações da especificação
PCI	cor do led	azul, verde e sem led	3
monofone	cor do monofone	monofone preto- base preta monofone branco- demais cores	1
	arte da manta	3 tipos (A, B e C)	3
cordão	comprimento do cordão	3 metros e 1 metro	2
	cor do cordão	preto e branco	2
base	cor da base	preto, branco, azul, cinza, verde, rosa, lilás	7
Total de variantes			252

Figura 5.9 - Definição número de variações de especificação dos módulos e cálculo do número total de variantes do produto A.

A presença do led e sua cor foram tratadas como uma única especificação do módulo PCI, pois de acordo com o setor de Marketing de Produtos, a ausência do led, para o cliente, é percebida como se fosse uma cor, ou seja, o teclado pode ficar verde, azul ou com sua cor natural (sem led).

O setor de Marketing de Produto definiu que o monofone preto poderá ser combinado apenas com a base preta, por isso que apesar de existirem duas cores de monofone, será considerado, para efeito de número de variações de especificação e para o cálculo do número total de variantes do produto, que existe apenas uma variação de especificação para a cor do monofone.

Com a definição das variações de especificação dos módulos pode-se estruturar a Matriz da Modularidade do produto A. Devido ao seu tamanho, serão apresentadas na Figura 5.10 apenas as arquiteturas de produto com a cor da base preta, totalizando 36 variantes de um total possível de 252. Para se obter a estrutura das demais variantes, basta apenas mudar a cor da base por uma das outras seis opções da Figura 5.9.

Tipo de Módulo	Módulos	Especificação	Variações	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6
Diferenciado	PCI	cor do led	azul, verde e sem led	led azul	led verde	sem led	led azul	led verde	sem led
Diferenciado	monofone	cor do monofone	monofone preto-base preta monofone branco- demais cores	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto
		arte da manta	A, B e C	manta A	manta A	manta A	manta B	manta B	manta B
Diferenciado	cordão	comprimento	3 metros e 1 metro	cordão 1 metro	cordão 1 metro	cordão 1 metro	cordão 1 metro	cordão 1 metro	cordão 1 metro
		cor	preto ou branco	cordão preto	cordão preto	cordão preto	cordão preto	cordão preto	cordão preto
Opcional	base	cor da base	preto, branco, azul, cinza, verde, rosa e lilás	base preta	base preta	base preta	base preta	base preta	base preta
Tipo de Módulo	Módulos	Especificação	Variações	Variante 7	Variante 8	Variante 9	Variante 10	Variante 11	Variante 12
Diferenciado	PCI	cor do led	azul, verde e sem led	led azul	led verde	sem led	led azul	led verde	sem led
Diferenciado	monofone	cor do monofone	monofone preto-base preta monofone branco- demais cores	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto
		arte da manta	A, B e C	manta C	manta C	manta C	manta A	manta A	manta A
Diferenciado	cordão	comprimento	3 metros e 1 metro	cordão 1 metro	cordão 1 metro	cordão 1 metro	cordão 3 metros	cordão 3 metros	cordão 3 metros
		cor	preto ou branco	cordão preto	cordão preto	cordão preto	cordão preto	cordão preto	cordão preto
Opcional	base	cor da base	preto, branco, azul, cinza, verde, rosa e lilás	base preta	base preta	base preta	base preta	base preta	base preta
Tipo de Módulo	Módulos	Especificação	Variações	Variante 13	Variante 14	Variante 15	Variante 16	Variante 17	Variante 18
Diferenciado	PCI	cor do led	azul, verde e sem led	led azul	led verde	sem led	led azul	led verde	sem led
Diferenciado	monofone	cor do monofone	monofone preto-base preta monofone branco- demais cores	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto
		arte da manta	A, B e C	manta B	manta B	manta B	manta C	manta C	manta C
Diferenciado	cordão	comprimento	3 metros e 1 metro	cordão 3 metros	cordão 3 metros	cordão 3 metros	cordão 3 metros	cordão 3 metros	cordão 3 metros
		cor	preto ou branco	cordão preto	cordão preto	cordão preto	cordão preto	cordão preto	cordão preto
Opcional	base	cor da base	preto, branco, azul, cinza, verde, rosa e lilás	base preta	base preta	base preta	base preta	base preta	base preta
Tipo de Módulo	Módulos	Especificação	Variações	Variante 19	Variante 20	Variante 21	Variante 22	Variante 23	Variante 24
Diferenciado	PCI	cor do led	azul, verde e sem led	led azul	led verde	sem led	led azul	led verde	sem led
Diferenciado	monofone	cor do monofone	monofone preto-base preta monofone branco- demais cores	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto
		arte da manta	A, B e C	manta A	manta A	manta A	manta B	manta B	manta B
Diferenciado	cordão	comprimento	3 metros e 1 metro	cordão 1 metro	cordão 1 metro	cordão 1 metro	cordão 1 metro	cordão 1 metro	cordão 1 metro
		cor	preto ou branco	cordão branco	cordão branco	cordão branco	cordão branco	cordão branco	cordão branco
Opcional	base	cor da base	preto, branco, azul, cinza, verde, rosa e lilás	base preta	base preta	base preta	base preta	base preta	base preta
Tipo de Módulo	Módulos	Especificação	Variações	Variante 25	Variante 26	Variante 27	Variante 28	Variante 29	Variante 30
Diferenciado	PCI	cor do led	azul, verde e sem led	led azul	led verde	sem led	led azul	led verde	sem led
Diferenciado	monofone	cor do monofone	monofone preto-base preta monofone branco- demais cores	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto
		arte da manta	A, B e C	manta C	manta C	manta C	manta A	manta A	manta A
Diferenciado	cordão	comprimento	3 metros e 1 metro	cordão 1 metro	cordão 1 metro	cordão 1 metro	cordão 3 metros	cordão 3 metros	cordão 3 metros
		cor	preto ou branco	cordão branco	cordão branco	cordão branco	cordão branco	cordão branco	cordão branco
Opcional	base	cor da base	preto, branco, azul, cinza, verde, rosa e lilás	base preta	base preta	base preta	base preta	base preta	base preta
Tipo de Módulo	Módulos	Especificação	Variações	Variante 31	Variante 32	Variante 33	Variante 34	Variante 35	Variante 36
Diferenciado	PCI	cor do led	azul, verde e sem led	led azul	led verde	sem led	led azul	led verde	sem led
Diferenciado	monofone	cor do monofone	monofone preto-base preta monofone branco- demais cores	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto	mono preto
		arte da manta	A, B e C	manta B	manta B	manta B	manta C	manta C	manta C
Diferenciado	cordão	comprimento	3 metros e 1 metro	cordão 3 metros	cordão 3 metros	cordão 3 metros	cordão 3 metros	cordão 3 metros	cordão 3 metros
		cor	preto ou branco	cordão branco	cordão branco	cordão branco	cordão branco	cordão branco	cordão branco
Opcional	base	cor da base	preto, branco, azul, cinza, verde, rosa e lilás	base preta	base preta	base preta	base preta	base preta	base preta

Figura 5.10 - Matriz da modularidade do aparelho telefônico A.

Com a matriz da modularidade elaborada, obteve-se uma prévia da arquitetura da família de variantes do aparelho telefônico A.

5.2.7 Etapa 7 - Mensuração do Nível de Variedade na Arquitetura do Produto

Dando seqüência a aplicação do modelo, nesta etapa foi feita a mensuração do nível da variedade de especificações dos módulos das variantes do produto, utilizando-se a matriz AMM apresentada na seção 3.2.4.

Participaram da aplicação desta ferramenta os colaboradores da Engenharia de Produto e da Engenharia de Processos, pois de acordo com o time de desenvolvimentos, os conhecimentos necessários para a realização dessa etapa eram de natureza técnica, dispensando a participação dos demais membros.

Segue a Figura 5.11, mostrando a aplicação da matriz AMM e os resultados obtidos.

Módulos Conceituais	Especificações	Cor do Led	Cor do Monofone	Arte da Manta	Comprimento do Cordão	Cor do Cordão	Cor da Base	IV (ΔM)
	PCI	5	0	0	0	0	0	0,011
	Monofone	5	5	3	3	3	3	0,028
	Cordão	1	3	1	5	5	3	0,021
	Base	1	5	1	3	3	5	0,026
	Buzzer	0	0	0	0	0	0	0,000
	Filtro Acústico	3	0	0	0	0	0	0,007
	Nota Especificação	5	3	1	3	3	3	18
	Peso da Especificação (W)	0,28	0,17	0,06	0,17	0,17	0,17	100%
	Grau de Variedade (ΔC)	0,008	0,000	0,008	0,004	0,004	0,024	

Figura 5.11 - Matriz AMM aplicada no produto A.

Para um melhor entendimento da aplicação da matriz AMM, se fará uma breve explicação da aplicação. Nas linhas correspondentes a cada um dos módulos conceituais do produto, é definido um grau de relacionamento desses módulos com as especificações elencadas nas colunas, numa escala de 0 (nenhum relacionamento), 1, 3 e 5 (forte relacionamento). Na linha “Nota da Especificação”, foram alocadas notas relativas a importância de cada especificação com relação as demais, no que se refere ao impacto de uma possível mudança de uma especificação frente as outras. Na linha “Peso da Especificação”, foi dividido a nota recebida por cada especificação na linha “Nota da especificação”, pelo somatório total das notas recebidas por todas as especificações nesta linha, que tem seu resultado mostrado na célula mais a direita desta linha. Na linha “Grau de Variedade”, alocou-se o resultado, para cada uma das especificações, da equação 6, apresentada na seção 3.2.4.

Na coluna “IV(ΔM)”, apresentam-se os resultados obtidos por cada um dos módulos, com base na equação 4, apresentada no item 3.2.4, que multiplica o nota de relacionamento de

cada módulo com as respectivas especificações, pelo resultado da obtido pela especificação na linha “Peso da especificação (W)” e pelo resultado obtido pela especificação na linha “Grau de Variedade (ΔC)”.

Nota-se, com base nos resultados do índice IV, que os módulos que apresentaram os maiores índices são respectivamente o monofone, a base, a PCI e o cordão, sendo que estes são módulos diferenciados, a exceção da base que é um opcional. São estes os módulos que apresentam a maior variedade de especificações e que são mais fortemente influenciados pela mudança de uma dessas especificações. Portanto, são nesses módulos onde se deve tomar mais cuidado com a redução das economias de escala, pois apresentam um maior nível de variedade de especificações.

5.2.8 Etapa 8 - Avaliação da Agilidade na Montagem Final do Produto

Seguindo o modelo proposto, nesta etapa foi realizada a avaliação da velocidade de montagem dos módulos do produto A que são o filtro acústico, o monofone, o PCI, o buzzer, a base e o cordão, apresentados na Figura 5.7, obtendo-se ao final, a definição da arquitetura do produto. Para tal, utilizando como base os resultados dos indicadores PTT e ATM apresentados na Figura 5.12. Por questões de segurança das informações da empresa, não serão apresentados os tempos de ciclo de cada módulo, mas sim os respectivos percentuais dos indicadores PTT e ATM, que seguem ilustrados na Figura 5.12.

Módulos	PTT (%)	ATM (%)
PCI	10%	58%
Monofone	16%	97%
Cordão	16%	97%
Base	16%	94%
Buzzer	21%	127%
Filtro Acústico	21%	127%

Figura 5.12 - Indicadores PTT e ATM do aparelho telefônico A.

Participaram desta etapa os colaboradores da Engenharia de Processos e da Engenharia de Produto, pois foram exigidos conhecimentos mais técnicos do produto.

Nota-se, com base nos resultados apresentados, que os módulos diferenciados PCI, monofone e cordão, e também o módulo opcional base, são os que apresentam os menores valores de PTT (participação no tempo total), portanto são os mais rápidos para se montar. Os módulos mais demorados para se montar do produto A, com base nos resultados do PTT, são os módulos padronizados buzzer e filtro acústico. No caso dos valores de ATM (aderência ao tempo médio), o módulo PCI apresenta o menor índice, sendo que os módulos monofone cordão e base também apresentam índices abaixo de 100%, portanto não tendem a se tornar gargalos na montagem final do produto A.

Portanto, os módulos diferenciados e opcionais podem ter sua montagem final postergada, sem que este fato venha a causar gargalos ou perdas de economia de escala na montagem final do produto A, pois apresentam os menores valores de PTT e os seus índices ATM estão abaixo de 100%.

Com estas condições verificadas, a arquitetura do produto está definida e pronta para ser confrontada com o tipo de *postponement* a ser adotado.

5.2.9 Etapa 9 - Verificação do Alinhamento do Produto com o *Postponement* de Forma

Para verificar o alinhamento do produto em desenvolvimento, da cadeia de produção e do mercado da empresa com o *postponement* de forma, foi utilizada a ferramenta Análise de Perfil, apresentada na seção 3.2.6. Ao final desta etapa, toma-se a decisão sobre a continuidade do projeto do produto visando à postergação da montagem final.

Na Figura 5.13, seguem os resultados da avaliação do produto A frente as características da empresa, ponderadas com base na experiência dos membros do time, da qual participaram os colaboradores da Engenharia de Processos, Engenharia de Produto e Coordenação de Projetos.

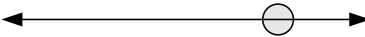
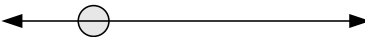
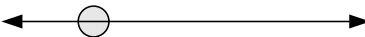
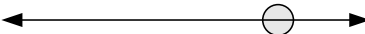
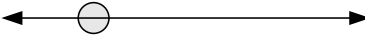
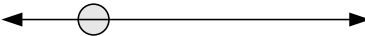

			TIPOS DE <i>POSTPONEMENT</i> /ESPECULAÇÃO				
			ESPECULAÇÃO	<i>POSTPONEMENT</i> DE FORMA	<i>POSTPONEMENT</i> DE LOGÍSTICA	<i>POSTPONEMENT</i> PLENO	
PRODUTO	CICLO DE VIDA	ESTÁGIO	INTRODUÇÃO	CRES C IMENTO	MATURAÇÃO	DECLÍNIO	
		VOLUME	BAIXO/MÉDIO	MÉDIO/ A LTO	MÉDIO/ALTO	BAIXO/MÉDIO	
		ESTRATÉGIA DE CUSTO/SERVIÇO	SERVIÇO				CUSTO
	CARACTERÍSTICAS	TIPO DE PRODUTO	PADRÃO				CUSTOMIZADO
		GAMA DE PRODUTOS	ESTREITA				AMPLA
	VALOR	DENSIDADE MONETÁRIA	ESTÁGIOS INICIAIS				ESTÁGIOS FINAIS
		PERFIL DE VALOR	BAIXA	B AIXA	ALTA	ALTA	
MERCADO		TEMPO DE ENTREGA RELATIVO	CURTO				LONGO
		FREQUÊNCIA DE ENTREGA	ALTA				MÉDIA/ALTA
		INCERTEZA DA DEMANDA	BAIXA				ALTA
CADEIA DE PRODUÇÃO		ECONOMIAS DE ESCALA	G RA N DES	PEQUENAS	GRANDES	PEQUENAS	
		CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS	SIM	N ÃO	SIM	NÃO	

Figura 5.13 - Análise de perfil do produto A na empresa.

Comparando o produto em desenvolvimento A, as características do mercado e da cadeia de produção da empresa com seus respectivos determinantes de decisão, verificou-se que dos 12 determinantes de decisão, apresentados na segunda coluna da esquerda para a direita da Figura 5.13, 8 determinantes (estágio, volume, tipo de produto, gama de produtos, perfil de valor, tempo de entrega relativo, frequência de entrega e conhecimentos específicos) estão alinhados com o *postponement* de forma, 3 determinantes (estratégia de custo/serviço, densidade monetária e incerteza da demanda) com o *postponement* de logística e 1 determinante (economias de escala) com a especulação. Vale frisar que as características da empresa foram ponderadas de acordo com a experiência dos membros do time de desenvolvimento de produtos.

Com relação ao determinante de decisão estratégia de custo serviço, que se insere dentro do grupo ciclo de vida, o desalinhamento com o *postponement* de forma pode ser explicado devido ao foco da empresa, no segmento de aparelhos telefônicos, estar mais voltado para custos e não nos serviços. Com relação ao determinante incerteza na demanda, esta é alta, pois a demanda para o produto A está baseada em previsões. No que se refere ao determinante economias de escala, a empresa deseja obter o maior ganho possível com

economias de escala que puder, segundo os membros do time de desenvolvimento do produto A.

Portanto o produto A, o mercado e a cadeia de produção da empresa que o fabricará, estão alinhados com o *postponement* de forma, pois como mencionado anteriormente, 8 dos 12 determinantes estão alinhados com este tipo de *postponement*.

Portanto, o produto A pode ter sua montagem final postergada com sucesso, tornando possível a customização do produto pelo cliente. Vale salientar que o foco do trabalho se ateve nas características do produto para que este pudesse ter sua montagem final postergada. A empresa ainda deverá avaliar as mudanças necessárias nos seus processos de fabricação, no layout da fábrica, na programação da produção, na logística, no departamento comercial e também nos seus recursos de tecnologia de informação para implementar a postergação da montagem final do produto A com sucesso.

5.3 Avaliação Global da Aplicabilidade do Modelo Proposto

Com a aplicação do modelo, se constatou que realmente foram agregados ao produto A, de acordo com as Etapas 7, 8 e 9, os aspectos necessários para que este pudesse ter sua montagem final postergada.

Segundo os membros do time desenvolvimento de produtos, o modelo fez com que se pensasse o produto de uma maneira diferente do que usualmente se fazia na empresa, trazendo ferramentas estruturadas para lidar com decisões que precisam ser tomadas durante o processo de desenvolvimento dos produtos.

As principais dificuldades encontradas durante a aplicação do modelo ocorreram na Etapa 3 (definição das funções do produto) e Etapa 4 (definição dos módulos do produto), porque os membros do time de desenvolvimento da empresa não estavam acostumados a lidar com funções e também com o conceito de módulos do produto. Assim, recomenda-se, para aplicações futuras, dedicar um tempo maior para o alinhamento desses conceitos com os membros do time de desenvolvimento do produto, pois essas duas etapas são fundamentais para o sucesso das etapas posteriores do modelo.

Porém, durante e ao final da aplicação do modelo, o time de desenvolvimento notou e comentou que os membros ganharam um conhecimento mais profundo das relações dos componentes e módulos do produto com as próprias funções que estes componentes exercem o que, segundo os próprios membros do time, ajudou a visualizar claramente os impactos que

as diversas variações de especificação poderiam gerar no momento da utilização do produto pelo cliente e no momento da montagem final do produto.

Durante a aplicação do modelo, o supervisor da área de Engenharia de Produto fez o seguinte questionamento: o que leva a empresa a adotar a prática do *postponement* de forma, dentro de uma estratégia de customização em massa? Mesmo que o modelo não oriente nesta resposta, considera-se que os aspectos necessários a serem considerados para respondê-la estão apresentados nos capítulos 2 e 3 deste trabalho, sendo que os principais aspectos que levam a empresa a adotar a prática do *postponement* de forma são flexibilidade para lidar com demandas de volume e natureza instáveis, reduz os níveis de estoque e obsolescência, reduz custos de armazenagem e transporte, aumenta os níveis de satisfação do cliente com o produto através da customização, o que também faz com que a empresa possa cobrar um preço diferenciado por um produto customizado.

Segundo o time de desenvolvimento, o modelo tratou as questões práticas do processo de desenvolvimento do produto A, do *postponement* de forma e da customização em massa, de maneira prática, traduzindo os conceitos abstratos envolvidos em características físicas e mensuráveis dos produtos.

Após a aplicação do modelo no produto A, a arquitetura conceitual desenvolvida para as variantes do produto será continuada e utilizada nas demais fases de desenvolvimento, sendo que atualmente o produto A se encontra na fase do projeto detalhado. Os membros do time identificaram que para implementar o *postponement* de forma no produto A, como um piloto, serão necessárias mudanças nos processos de fabricação, no layout da fábrica, na programação da produção, na logística, no departamento comercial e também nos seus recursos de tecnologia de informação.

Os membros do time sugeriram a elaboração de uma proposta de implementação piloto do *postponement* de forma no produto A para apresentar à Gerência de Produtos e a Diretoria Industrial, para testar seus benefícios operacionais.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO

6.1 Conclusões

No que se refere ao processo de desenvolvimento de produtos, dentro da bibliografia estudada verifica-se que mesmo com o aumento do número de estudos sobre o tema, ainda não existe uma base teórica clara que embase o desenvolvimento de um produto para que este se torne viável em um cenário de aplicação do *postponement* de forma.

Devido a este fato, neste trabalho foram propostas algumas contribuições teóricas como o relacionamento entre características, requisitos e módulos, apresentado no item 2.4.1.1, e também os índices PTT e ATM, apresentados na seção 3.2.5, como também a matriz de relacionamento entre características e requisitos, apresentada na seção 4.2.2 e a matriz de relacionamento entre requisitos e módulos, apresentada no item 4.2.5.

Buscando o preenchimento desta lacuna, considera-se que o objetivo geral deste trabalho foi alcançado com o desenvolvimento do modelo, inserido dentro das fases do projeto informacional e projeto conceitual, críticas sob a ótica do *Postponement* de Forma no processo de desenvolvimento de um produto. Este modelo é composto por ferramentas que garantirão que o produto desenvolvido contemple os aspectos necessários para ser viável num cenário de postergação da montagem final.

Para alcançar o objetivo geral do trabalho, o cumprimento do primeiro objetivo específico, que era a definição de uma sistemática para identificar os requisitos e especificações do produto que podem ser generalizados e aqueles que devem ser individualizados dentro de uma variante do produto, de acordo com as características do produto que o consumidor deseja escolher, iniciou-se na seção 2.4.1.1, onde foi pesquisado o relacionamento entre as características de um produto que o consumidor deseja escolher com os respectivos requisitos de projeto e módulos do produto. Em complemento, a ferramenta utilizada para identificar este relacionamento foi apresentada na Etapa 2 do modelo proposto, na seção 4.2.2 do Capítulo 4, e a aplicação desta ferramenta foi feita também na Etapa 2, no item 5.2.2 do Capítulo 5.

O alcance do segundo objetivo específico, que era a definição de uma sistemática para determinar o número de variantes de um produto, dentro de uma família de produtos, iniciou-se no item 3.2.3, do Capítulo 3, que trata sobre a ferramenta Matriz da Modularidade, que serve para visualizar e identificar o compartilhamento de módulos entre as variantes do

produto, e foi abordada mais detalhadamente na seção 4.2.6, Etapa 6 do modelo proposto sendo que a aplicação prática desta ferramenta foi abordada no Capítulo 5, na seção 5.2.6.

A concretização do terceiro objetivo específico, que era a identificação de quais módulos influenciam mais fortemente na flexibilidade da arquitetura do produto para atender as variações na demanda dos consumidores, teve início no Capítulo 3, na seção 3.2.4, que apresenta a ferramenta *Attribute-module Matrix*, que estima os efeitos da variedade dos módulos na arquitetura do produto, servindo para avaliar a influência destes na flexibilidade da arquitetura. O funcionamento desta ferramenta foi abordada mais detalhadamente no item 4.2.7, do Capítulo 4 sendo que sua aplicação foi apresentada na seção 5.2.7, do Capítulo 5.

O cumprimento do quarto e último objetivo específico, que era a definição de critérios para avaliar se os módulos que serão escolhidos pelos clientes, não dificultarão a etapa final de montagem do produto, teve início no Capítulo 3, na seção 3.2.5, que apresenta os indicadores PTT e ATM, que medem a velocidade da montagem final dos módulos do produto. A utilização desta ferramenta foi abordada mais detalhadamente na seção 4.2.8, do Capítulo 4 sendo que na seção 5.2.8, do Capítulo 5, foi mostrada sua aplicação no caso prático.

Com base nesta situação, o modelo proposto respondeu afirmativamente a pergunta de pesquisa que era: Como desenvolver um produto de maneira que se possa postergar sua configuração final e garantir resultados aceitáveis?

Após a aplicação do modelo, verificou-se que os resultados obtidos revelam que o modelo agregou ao produto A em desenvolvimento, os aspectos que este produto precisava para ser inserido num cenário de postergação de sua montagem final. Como pontos fortes do modelo destacam-se sua capacidade de conseguir traduzir os conceitos abstratos envolvidos na estratégia de customização em massa e no *Postponement* de Forma, em características físicas e mensuráveis do produto em desenvolvimento e também o fato deste modelo poder ser facilmente inserido dentro das atuais metodologias de desenvolvimento do produto, pois este se utiliza de informações que já são normalmente tratadas e abordadas por essas metodologias.

Como limitação coloca-se o fato do modelo não fazer uma avaliação da estratégia e das práticas de produção da empresa, já partindo do pressuposto que esta empresa adota ou pretende adotar a estratégia de customização em massa e a prática do *Postponement* de Forma.

Vale ressaltar que o foco do modelo proposto é fazer com que se insiram, ao longo do desenvolvimento do produto, os aspectos necessários para que este possa ter sua montagem

final postergada, através da utilização das ferramentas apresentadas e não somente desenvolver um produto convencional e, ao final, conferir se este pode ser inserido num cenário de postergação da montagem final.

Para finalizar, ressalta-se que são necessários mais estudos para entender melhor as implicações de se desenvolver um produto que terá sua montagem final postergada e que terá sua configuração final definida pelo cliente. Assim, apresentam-se algumas sugestões para trabalhos futuros.

6.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, algumas lacunas foram detectadas e poderão ser objetos de futuros trabalhos:

- Desenvolver um índice de customização do produto, para que se possa comparar o nível de customização possível em diferentes produtos;
- Desenvolver um estudo para verificar o quanto um determinado nível de opções de customização do produto pode aumentar o grau de satisfação do consumidor;
- Desenvolver um modelo que verifique o impacto de diferentes níveis de *postponement* de forma no custo de um produto.

REFERÊNCIAS

- ALDERSON, W. **Marketing efficiency and the principle of postponement**. Cost and Profit Outlook, p. 15-18, 1950.
- BASSO, J. L. **Engenharia e Análise de Valor - EAV: mais as abordagens da administração, contabilidade e gerenciamento de valor: um guia prático para aplicação**. São Paulo: IMAM, 1991.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process**. New York: McGraw-Hill, 1996.
- BROCK, T. C. **Implications of commodity theory for value change**. New York: Academic Press, 1968.
- BUCKLIN, L. P. **Postponement, speculation and the structure of distribution channels**. Cost and Profit Outlook, p. 26-31, 1965.
- CHRISTOPHER, M.; TOWILL, D. R. **Supply chain migration form lean and functional to agile and customized**. Supply Chain Management, p. 206-213, 2000.
- CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. **Product Development Performance: Strategy, organizational and management in the world of auto-industry**. Boston: HBS Press, 1991.
- COOPER, J. C. **Logistics for global business**. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, p. 12-23, 1993.
- CORBETT, J.; PYM, C.; DOONER, M. **Design for Manufacturing Strategies, Principles, and Techniques**. New York: Addison Wesley, 1991.
- COX, R.; GOLDMAN, C. S. **Marketing of house building materials**. The Journal of Marketing, p. 55-56, 1956.
- CSILLAG, J. M. **Análise do Valor**. 4^a ed. São Paulo: Atlas, 1995.
- CSILLAG, J. M.; SAMPAIO, M. **O conceito do postponement como estratégia de distribuição: estudo multi-caso no mercado brasileiro**. São Paulo: FGV-EAESP, 2002.
- CUNHA, D. C. **Avaliação dos Resultados da Aplicação do Postponement em uma Grande Malharia e Confecção de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis: UFSC, 2002.
- DA SILVEIRA, G.; BORESTEIN, D.; FOGLIATTO, F. S. **Mass customization: Literature review and research direction**. International Journal of Production Economics, p. 1-13, 2001.

DAHMUS, J. B.; GONZALEZ-ZUGASTI, J. P.; OTTO, K. N. **Modular Product Architecture**. Design Studies, p. 409-424, 2001.

DAVIS, S. M. **Future Perfect**. Wesley: Addison, 1987.

DROGUE, C. L.; GERMAIN, R. N.; SPEARS, N. **Form postponement as a strategic initiative affecting organization design**. Proceedings of the American Marketing Association Educator's Conference, p. 263-269, 1995.

ERENS, F.; VERHULST, K. **Architectures for product families**. Computer in Industry, p. 165-178, 1997.

ERIXON, G. **Modular Function Deployment - support for good product structure creation**. Working Paper, Stockholm: Center of Industrial Engineering of Dalarna University and KTH, 1996.

ERIXON, G., VON YXKULL, A.; ARNSTRÖM, A. **Modularity - the basics for product and factory reengineering**. CIRP, 1996.

FEITZINGER, E.; LEE, H. L. **Mass customization at Hewlett-Packard: The Power of postponement**. Harvard Business Review, p. 116-121, 1997.

FIOD NETO, M. **Desenvolvimento de um Sistema Computacional para Auxiliar a Concepção de Produtos Industriais**. Tese (Doutorado), Florianópolis: UFSC, 1993.

FRANKE, N.; PILLER, F. **Value creation by toolkits for user innovation and design: The case of watch market**. Journal of Product Innovative Management, p. 401-415, 2004.

FRANKE, N.; SCHREIER, M. **Product uniqueness as a driver of customer utility in mass customization**. Springer Science, 2007.

FRANKE, N.; VON HIPPEL, E. **Finding commercially attractive user innovations: An exploration and test of lead user theory**. Working paper, Cambridge: MIT, 2003.

HOEK, R. V. **Postponement and the reconfiguration challenge for food supply chains**. Supply Chain Management, p. 18-34, 1999.

JIAO, J.; SIMPSON, T. W.; SIDDIQUE, Z. **Product family design and platform-based product development: a state-of-the-art review**. Journal of Intelligent Manufacturing, 2007.

JOHNSON, M. E.; ANDERSON, E. **Postponement strategies for channel derivatives**. The International Journal of Logistics Management, p. 10-33, 2000.

JOSE, A.; TOLLENAERE, M. **Modular and platform methods for product family design: literature analysis**. Journal of Intelligent manufacturing, p. 371-390, 2005.

JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto, novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços**. São Paulo, 1992.

KRISHNAPILLAI, R.; ZEID, A. **Mapping product design specification for mass customization**. Journal of Intelligent Manufacturing, p. 29-43, jul. 2006.

KUMAR, A.; GATTOUFI, S.; REISMAN, A. **Mass customization research: trends, directions, diffusion intensity and taxonomic frameworks**. International Journal of Flexible Manufacturing Systems, 2008.

LYNN, M. **Scarcity Effects on Value: A quantitative review of the commodity theory literature**. Psychology & Marketing, p. 43-57, 1991.

MARAMALDO, D. **Análise de Valores**. Rio de Janeiro: Intercultural, 1983.

MCGRATH, M. **Product strategy for high-technology companies**. New York: Irwin Professional Publishing, 1995.

MEYER, M.; LEHNERD, A. P. **The Power of Product Platform - Building Value and Cost Leadship**. New York: Free Press, 1997.

MUNDIM, A. P. F. **Desenvolvimento de Produtos e educação Corporativa**. São Paulo: Atlas, 2002.

NEVINS, J. L.; WHITNEY, D. E. **Concurrent Design of Products and Processes: A Strategy for the Next Generation in Manufacturing**. New York: McGraw-Hill, 1989.

OTTO, K.; WOOD, K. **Product design - techniques in reverse engineering and new product development**. New Jersey: Prentice-Hall, 2001.

PAGH, J. D.; COOPER, M. C. **Supply chain postponement and speculation strategies: how to choose the right strategy**. Journal of Business Logistics, p. 13-32, 1998.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering Design: A Systematic Approach**. 2ª ed. Berlin: Springer-Verlag, 1988.

PEDROSO, D. M. **Qualidade em Serviços: uma proposta de determinação de parâmetros**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis: UFSC, 1998.

PEELEN, E.; COMMANDEUR, H. R.; VAN HOEK, R. **Achieving mass customization through postponement: A study of international changes**. Journal of Market Focused Management, p. 353-368, 1999.

PILLER, F. **Observations of present and future of mass customization**. International Journal of Flexible Manufacturing Systems, 2008.

PILLER, F. **Mass Customization**. Wiesbaden: Gabler, 2003.

PILLER, F. **Mass customization: Reflections on the stage of the concept**. The International Journal of Flexible Manufacturing Systems, p. 313-334, 2004.

PILLER, F.; REICHWALD, R.; TSENG, M. **Competitive advantage through customer centric enterprises**. International Journal of Mass Customization, p. 157-165, 2006.

PINE, B. J. **Making mass customization happen: strategies for the new competitive realities**. Planning Review, p. 21-23, 1993.

PINE, B.J. **The state of mass customization and why authenticity in business is the next big issue**. Mass Customization Innovative News 10, 2007.

PORTER, Michael. **What is Strategy?**. Harvard Business Review, Nov./Dez., 1996.

ROBERTSON, D.; ULRICH, K. **Planning product platforms**. Sloan Management Review, p. 19-31, 1998.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2000.

ROZENFELD, H.; *et al.* **Gestão do Desenvolvimento de Produtos - Uma Referência para Melhoria do Processo**. 1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

SALVADOR, F.; PILLER, F. **Assortment productivity: a new measure for efficiency in supply chains**. Working paper.

SAMPAIO, M. **O Poder Estratégico do Postponement**. Tese (Doutorado em Administração), São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 2003.

SAVARIS, C. E. **Modelo para Identificação e Avaliação do Impacto dos Recursos Tecnológicos, Organizacionais e de Suprimentos na Flexibilidade da Manufatura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis: UFSC, 2003.

SILVA, J. O. **Formação da Equipe Aplicada ao Desenvolvimento de Produtos: proposta de uma sistemática baseada nas atividades de projeto alinhadas ao perfil do indivíduo necessário para desempenhar as atividades**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis: UFSC, 2007.

SLACK, N. **Vantagem Competitiva em Manufatura: atingindo a competitividade nas operações industriais**. São Paulo: Atlas, 1993.

THOMKE, S. H.; REINERTSEN, D. **Agile product development: managing development flexibility in uncertain environments**. p. 8-30, 1998.

TIAN, K.; BEARDEN, W. O.; HUNTER, G. L. **Consumer's need of uniqueness: Scale development and validation**. Journal of Consumer Research, p. 50-66, 2001.

TOLEDO, J. C. **Gestão das mudanças da qualidade de produtos**. Revista Produção, p. 104-124, 1994.

TSENG, M.; JIAO, J. **Design for mass customization**. Annals of CIRP, p. 153-156, 1996.

TSENG, M.; JIAO, J. **Mass Customization, Handbook of Industrial Engineering**. 3ª ed. New York: Gaviel Salvendy, 2001.

ULRICH, K. **The role of product architecture in the manufacturing firm**. Research Policy, p. 419-440, 1995.

ULRICH, T. K.; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**. 2ª ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

VAN HOEK, R. **Reconfiguring the supply chain to implement postponement manufacturing.** The International Journal of Logistics Management, p. 95-110, 1998.

VAN HOEK, R.; VOS, B.; COMMANDEUR, H. **Restructuring European supply chains by implementing postponement strategies.** Long Range Planning, p. 505-518, 1999.

VAN HOEK, R.; VOS, B.; COMMANDEUR, H. **Reconfiguring logistics systems through postponement strategies.** Journal of Business Logistics, p. 33-54, 1998.

WALLER, M. A.; DABHOLKAR, P. A.; GENTRY, J. J. **Postponement, product customization, and market-oriented supply chain management.** Journal of Business Logistics, p. 133-159, 2000.

YANG, B.; BURNS, N. D.; BACKHOUSE, C. J. **Postponement: a review an integrated framework.** International Journal of operations and Production Management, p. 468-487, 2004.

YOSHIKAWA, H. **Design philosophy: the state of the art.** Annals of the CIRP, p. 579-586, 1989.

ZHUO, L.; SAN, W. Y.; SENG, L. K. **Integrated approach to modularize the conceptual product family architecture.** International Journal of Advanced Manufacturing Technologies, p. 83-96, 2008.

ZINN, W. **O retardamento da montagem final de produtos como estratégia de marketing.** Revista de Administração de Empresas da EAESP/FGV, p. 53-59, Out./Dez., 1990.

ZINN, W.; BOWERSOX, D. J. **Planning physical distribution with the principle of postponement.** Journal of Business Logistics, p. 117-136, 1988.